



HISTOIRE
NATURELLE.

TOME VI.



HISTOIRE *NATURELLE,*

GÉNÉRALE

ET PARTICULIERE,

PAR M. LE COMTE DE BUFFON, INTEN-
DANT DU JARDIN DU ROI, DE L'ACADÉ-
MIE FRANÇOISE ET DE CELLE DES SCIEN-
CES, &c.

Tome VI.

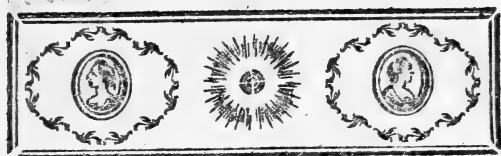


AUX DEUX-PONTS,
CHEZ SANSON & COMPAGNIE

M, DCC, LXXXV.



45
P7915
1725
DUNN



[4.6]

HISTOIRE NATURELLE.



INTRODUCTION A L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

DES ÉLÉMENTS.

PREMIERE PARTIE.

De la Lumiere, de la Chaleur & du Feu.

Les puissances de la Nature, autant qu'elles nous sont connues, peuvent se réduire à deux forces primitives, celle qui cause la pesanteur, & celle qui produit la chaleur. La force d'impulsion leur est subordonnée,

elle dépend de la première pour ses effets particuliers, & tient à la seconde pour l'effet général; comme l'impulsion ne peut s'exercer qu'au moyen du ressort, & que le ressort n'agit qu'en vertu de la force qui rapproche les parties éloignées, il est clair que l'impulsion a besoin, pour opérer, du concours de l'attraction; car si la matière cessoit de s'attirer, si les corps perdoient leur cohérence, tout ressort ne seroit-il pas détruit, toute communication de mouvement interceptée, toute impulsion nulle? puisque dans le fait (a), le mouvement ne se communique & ne peut se transmettre d'un corps à un autre que par l'élasticité, qu'enfin on peut démontrer qu'un corps parfaitement dur, c'est-à-dire, absolument inflexible, seroit en même temps absolument immobile, & tout-à-fait incapable de recevoir l'action d'un autre corps (b). L'attraction étant un

(a) Pour une plus grande intelligence, je prie mes Lecteurs de revoir la seconde partie de l'article de cet Ouvrage, qui a pour titre : *De la nature, seconde vue.*

(b) La communication du mouvement a toujours été regardée comme une vérité d'expérience, & les plus grands Mathématiciens se sont contentés d'en calculer les résultats dans les différentes circonstances, & nous ont donné sur cela des règles & des formules où ils ont employé beaucoup d'art; mais personne, ce me semble, n'a jusqu'ici considéré la nature intime du mouvement, & n'a tâché de se représenter & de présenter aux autres la manière physique dont le mouvement se transmet & passe d'un corps à un autre corps. On a prétendu que les corps durs pouvoient le rece-

effet général , constant & permanent , l'impulsion qui dans la plupart des corps est particulière , & n'est ni constante ni permanente , en dépend donc comme un effet particulier dépend d'un effet général ; car au contraire , si toute impulsion étoit détruite , l'attraction subsisteroit & n'en agiroit pas moins , tandis que celle-ci venant à cesser , l'autre seroit non-seulement sans exercice , mais même sans existence ; c'est donc cette différence essentielle qui subordonne l'impulsion à l'attraction dans toute matière brute & purement passive.

Mais cette impulsion qui ne peut ni s'exercer ni se transmettre dans les corps bruts qu'au moyen du ressort , c'est-à-dire , du se-

voir comme les corps à ressort ; & sur cette hypothèse dénuée de preuves on a fondé des propositions & des calculs dont on a tiré une infinité de fausses conséquences : car les corps supposés durs & parfaitement inflexibles , ne pourroient recevoir le mouvement. Pour le prouver , soit un globe parfaitement dur , c'est-à-dire , inflexible dans toutes ses parties : chacune de ces parties ne pourra par conséquent être rapprochée ou éloignée de la partie voisine , sans quoi cela seroit contre la supposition ; donc dans un globe parfaitement dur , les parties ne peuvent recevoir aucun déplacement , aucun changement , aucune action ; car si elles recevoient une action , elles auroient une réaction , les corps ne pouvant réagir qu'en agissant. Puis donc que toutes les parties prises séparément ne peuvent recevoir aucune action , elles ne peuvent en communiquer ; la partie postérieure qui est frappée la première ne pourra pas communiquer le mouvement à la partie antérieure , puisque cette partie postérieure qui a été supposée inflexible , ne peut pas changer , en

cours de la force d'attraction , dépend encore plus immédiatement , plus généralement , de la force qui produit la chaleur ; car c'est principalement par le moyen de la chaleur que l'impulsion pénètre dans les corps organisés , c'est par la chaleur qu'ils se forment , croissent & se développent. On peut rapporter à l'attraction seule tous les effets de la matière brute , & à cette même force d'attraction jointe à celle de la chaleur , tous les phénomènes de la matière vive.

J'entends par matière vive non-seulement tous les êtres qui vivent ou végètent , mais encore toutes les molécules organiques vivantes , dispersées & répandues dans les détrimens ou résidus des corps organisés ; je

égard aux autres parties ; donc il seroit impossible de communiquer aucun mouvement à un corps inflexible. Mais l'expérience nous apprend qu'on communique le mouvement à tous les corps ; donc tous les corps sont à ressort , donc il n'y a point de corps parfaitement durs & inflexibles dans la nature. Un de mes amis (M. Gueneau de Montbeillard), homme d'un excellent esprit , m'a écrit à ce sujet dans les termes suivans :
 » De la supposition de l'immobilité absolue des corps
 » absolument durs , il suit qu'il ne faudroit peut-être
 » qu'un pied cube de cette matière pour arrêter tout
 » le mouvement de l'univers connu : & si cette immobilité absolue étoit prouvée , il semble que ce
 » n'est point assez de dire qu'il n'existe point de ces
 » corps dans la Nature , & qu'on peut les traiter d'im-
 » possibles , & dire que la supposition de leur existence
 » est absurde ; car le mouvement provenant du ressort
 » leur ayant été refusé , ils ne peuvent dès-lors être
 » capables du mouvement provenant de l'attraction ,
 » qui est par l'hypothèse la cause du ressort «.

comprends encore dans la matiere vive , celle de la lumiere , du feu , de la chaleur , en un mot toute matiere qui nous paroît être active par elle-même. Or cette matiere vive tend toujours du centre à la circonférence , au lieu que la matiere brute tend au contraire de la circonférence au centre ; c'est une force expansive qui anime la matiere vive , & c'est une force attractive à laquelle obéit la matiere brute : quoique les directions de ces deux forces soient diamétralement opposées , l'action de chacune ne s'en exerce pas moins ; elles se balancent sans jamais se détruire , & de la combinaison de ces deux forces également actives , résultent tous les phénomènes de l'univers.

Mais , dira-t-on , vous réduisez toutes les puissances de la Nature à deux forces , l'une attractive & l'autre expansive , sans donner la cause ni de l'une ni de l'autre , & vous subordonnez à toutes deux l'impulsion qui est la seule force dont la cause nous soit connue & démontrée par le rapport de nos sens ; n'est-ce pas abandonner une idée claire & y substituer deux hypothèses obscures ?

A cela je réponds que , ne connoissant rien que par comparaison , nous n'aurons jamais d'idée de ce qui produit un effet général , parce que cet effet appartenant à tout , on ne peut dès-lors le comparer à rien. Demander quelle est la cause de la force attractive , c'est exiger qu'on nous dise la raison pourquoi toute la matiere s'attire : or ne fust-il pas de savoir que réellement toute la matiere s'attire , & n'est-il pas aisé de

concevoir que cet effet étant général, nous n'avons nul moyen de le comparer, & par conséquent nulle espérance d'en connoître jamais la cause ou la raison ? Si l'effet, au contraire, étoit particulier comme celui de l'attraction de l'aimant & du fer, on doit espérer d'en trouver la cause, parce qu'on peut le comparer à d'autres effets particuliers, ou le ramener à l'effet général. Ceux qui exigent qu'on leur donne la raison d'un effet général, ne connoissent ni l'étendue de la Nature ni les limites de l'esprit humain : demander pourquoi la matiere est étendue, pesante, impénétrable, sont moins des questions, que des propos mal conçus & auxquels on ne doit aucune réponse. Il en est de même de toute propriété particuliere lorsqu'elle est essentielle à la chose : demander, par exemple, pourquoi le rouge est rouge, seroit une interrogation puérile à laquelle on ne doit pas répondre. Le Philosophe est tout près de l'enfant lorsqu'il fait de semblables demandes ; & autant on peut les pardonner à la curiosité non réfléchie du dernier, autant le premier doit les rejeter & les exclure de ses idées.

Puis donc que la force d'attraction & la force d'expansion sont deux effets généraux, on ne doit pas nous en demander les causes ; il suffit qu'ils soient généraux & tous deux réels, tous deux bien constatés, pour que nous devions les prendre eux-mêmes pour causes des effets particuliers ; & l'impulsion est un de ces effets qu'on ne doit pas regarder comme une cause générale connue ou

démontrée par le rapport de nos sens , puisque nous avons prouvé que cette force d'impulsion ne peut exister ni agir qu'au moyen de l'attraction qui ne tombe point sous nos sens. Rien n'est plus évident , disent certains Philosophes , que la communication du mouvement par l'impulsion , il suffit qu'un corps en choque un autre pour que cet effet suive : mais dans ce sens même la cause de l'attraction n'est-elle pas encore plus évidente & bien plus générale , puisqu'il suffit d'abandonner un corps pour qu'il tombe & prenne du mouvement sans choc ? Le mouvement appartient donc , dans tous les cas , encore plus à l'attraction qu'à l'impulsion.

Cette première réduction étant faite , il seroit peut-être possible d'en faire une seconde , & de ramener la puissance même de l'expansion à celle de l'attraction , en sorte que toutes les forces de la matière dépendroient d'une seule force primitive : du moins cette idée me paroîtroit bien digne de la sublime simplicité du plan sur lequel opère la Nature. Or ne pouvons-nous pas concevoir que cette attraction se change en répulsion toutes les fois que les corps s'approchent d'assez près pour éprouver un frottement ou un choc des uns contre les autres. L'impénétrabilité , qu'on ne doit pas regarder comme une force , mais comme une résistance essentielle à la matière , ne permettant pas que deux corps puissent occuper le même espace , que doit-il arriver lorsque deux molécules qui s'attirent d'autant plus puissamment qu'elles s'approchent de plus près ,

viennent tout-à-coup à se heurter? cette résistance invincible de l'impénétrabilité ne devient-elle pas alors une force active ou plutôt réactive qui, dans le contact, repousse les corps avec autant de vitesse qu'ils en avoient acquis au moment de se toucher? & dès-lors la force expansive ne sera point une force particulière opposée à la force attractive, mais un effet qui en dérive, & qui se manifeste toutes les fois que les corps se choquent ou frottent les uns contre les autres.

J'avoue qu'il faut supposer dans chaque molécule de matière, dans chaque atome quelconque, un ressort parfait, pour concevoir clairement comment s'opère ce changement de l'attraction en répulsion; mais cela même nous est assez indiqué par des faits: plus la matière s'atténue, & plus elle prend de ressort; la terre & l'eau qui en sont les agrégats les plus grossiers, ont moins de ressort que l'air; & le feu qui est le plus subtil des élémens, est aussi celui qui a le plus de force expansive. Les plus petites molécules de la matière, les plus petits atomes que nous connoissons, sont ceux de la lumière; & l'on fait qu'ils sont parfaitement élastiques, puisque l'angle sous lequel la lumière se réfléchit est toujours égal à celui sous lequel elle arrive: nous pouvons donc en inférer que toutes les parties constitutives de la matière en général sont à ressort parfait, & que ce ressort produit tous les effets de la force expansive, toutes les fois que les corps se heurtent ou se

frottent en se rencontrant dans des directions opposées.

L'expérience me paroît parfaitement d'accord avec ces idées ; nous ne connoissons d'autres moyens de produire du feu que par le choc ou le frottement des corps ; car le feu que nous produisons par la réunion des rayons de la lumière , ou par l'application du feu déjà produit à des matières combustibles , n'a-t-il pas néanmoins la même origine à laquelle il faudra toujours remonter , puisqu'en supposant l'homme sans miroirs ardens & sans feu actuel , il n'aura d'autres moyens de produire le feu qu'en frottant ou choquant des corps solides les uns contre les autres (c) ?

La force expansive pourroit donc bien n'être dans le réel que la réaction de la force attractive, réaction qui s'opère toutes les fois que les molécules primitives de la matière , toujours attirées les unes par les autres , arrivent à se toucher immédiatement ; car dès-lors il est nécessaire qu'elles soient repoussées avec autant de vitesse qu'elles en avoient acquis en direction contraire au moment du contact (d), & lorsque ces mo-

(c) Le feu que produit quelquefois la fermentation des herbes entassées , celui qui se manifeste dans les effervescences , ne font pas une exception qu'on puisse m'opposer , puisque cette production du feu par la fermentation & par l'effervescence , dépend comme toute autre de l'action du choc des parties de la matière les unes contre les autres.

(d) Il est certain , me dira-t-on , que les molécules

lécules sont absolument libres de toute cohérence, & qu'elles n'obéissent qu'au seul mouvement produit par leur attraction, cette vitesse acquise est immense dans le point du contact. La chaleur, la lumière, le feu, qui sont les grands effets de la force expansive, seront produits toutes les fois qu'artificiellement ou naturellement les corps seront divisés en parties très petites, & qu'ils se rencontreront dans des directions opposées; & la chaleur sera d'autant plus sensible, la lumière d'autant plus vive, le feu d'autant

réjailliront après le contact, parce que leur vitesse à ce point, & qui leur est rendue par le ressort, est la somme des vitesses acquises dans tous les momens précédens par l'effet continuél de l'attraction, & par conséquent doit l'emporter sur l'effort instantané de l'attraction dans le seul moment du contact. Mais ne fera-t-elle pas continuellement retardée, & enfin détruite lorsqu'il y aura équilibre entre la somme des efforts de l'attraction avant le contact, & la somme des efforts de l'attraction après le contact? Comme cette question pourroit faire naître des doutes ou laisser quelques nuages sur cet objet qui par lui-même est difficile à saisir, je vais tâcher d'y satisfaire en m'expliquant encore plus clairement. Je suppose deux molécules, ou pour rendre l'image plus sensible, deux grosses masses de matière, telles que la Lune & la Terre, toutes deux douées d'un ressort parfait dans toutes les parties de leur intérieur: qu'arriveroit-il à ces deux masses isolées de toute autre matière, si tout leur mouvement progressif étoit tout-à-coup arrêté, & qu'il ne restât à chacune d'elles que leur force d'attraction réciproque? Il est clair que dans cette supposition, la Lune & la Terre se précipiteroient l'une vers l'autre avec une vitesse qui augmenteroit à chaque moment, dans la même raison que diminueroit le carré de leur distance. Les vi-

plus violent, que les molécules se feront précipitées les unes contre les autres avec plus de vitesse par leur force d'attraction mutuelle.

De-là on doit conclure que toute matiere peut devenir lumiere, chaleur, feu ; qu'il suffit que les molécules d'une substance quelconque se trouvent dans un état de liberté, c'est-à-dire, dans un état de division assez grande & de séparation, telle qu'elles puissent obéir sans obstacle à toute la force qui les attire les unes vers les autres ; car dès

telles acquises seront donc immenses au point de contact, ou si l'on veut, au moment de leur choc, & dès-lors ces deux corps que nous avons supposés à ressort parfait, & libres de tous autres empêchemens, c'est-à-dire, entièrement isolés, réjailliront chacun, & s'éloigneront l'un de l'autre dans la direction opposée & avec la même vitesse qu'ils avoient acquise au point du contact : vitesse qui, quoique diminuée continuellement par leur attraction réciproque, ne laisseroit pas de les porter d'abord au même lieu d'où ils sont partis, mais encore infiniment plus loin, parce que la retardation du mouvement est ici en ordre inverse de celui de l'accélération, & que la vitesse acquise au point du choc étant immense, les efforts de l'attraction ne pourront la réduire à zéro qu'à une distance dont le carré seroit également immense ; en sorte que si le contact étoit absolu, & que la distance des deux corps qui se choquent fût absolument nulle, ils s'éloigneroient l'un de l'autre jusqu'à une distance infinie ; & c'est à peu-près ce que nous voyons arriver à la lumiere & au feu dans le moment de l'inflammation des matieres combustibles ; car dans l'instant même elles lancent leur lumiere à une très grande distance, quoique les particules qui se sont converties en lumiere, fussent auparavant très voisines les unes des autres.

qu'elles se rencontreront , elles réagiront les unes contre les autres , & se fuiront en s'éloignant avec autant de vitesse qu'elles en avoient acquis au moment du contact , qu'on doit regarder comme un vrai choc ; puisque deux molécules qui s'attirent mutuellement , ne peuvent se rencontrer qu'en direction contraire. Ainsi la lumière , la chaleur & le feu , ne sont pas des matieres particulieres , des matieres différentes de toute autre matiere ; ce n'est toujours que la même matiere qui n'a subi d'autre altération , d'autre modification , qu'une grande division de parties , & une direction de mouvement en sens contraire par l'effet du choc & de la réaction.

Ce qui prouve assez évidemment que cette matiere du feu & de la lumière , n'est pas une substance différente de toute autre matiere , c'est qu'elle conserve toutes les qualités essentielles , & même la plupart des attributs de la matiere commune : 1°. la lumière , quoique composée de particules presque infiniment petites , est néanmoins encore divisible , puisqu'avec le prisme on sépare les uns des autres les rayons , ou , pour parler plus clairement , les atomes différemment colorés ; 2°. la lumière , quoique douée en apparence d'une qualité toute opposée à celle de la pesanteur , c'est-à-dire , d'une volatilité qu'on croiroit lui être essentielle , est néanmoins pesante comme toute autre matiere , puisqu'elle fléchit toutes les fois qu'elle passe auprès des autres corps , & qu'elle se trouve à portée de leur sphere d'attraction

d'attraction ; je dois même dire qu'elle est fort pesante relativement à son volume qui est d'une petitesse extrême , puisque la vitesse immense avec laquelle la lumière se meut en ligne directe , ne l'empêche pas d'éprouver assez d'attraction près des autres corps , pour que sa direction s'incline & change d'une manière très sensible à nos yeux ; 3°. la substance de la lumière n'est pas plus simple que celle de toute autre matière , puisqu'elle est composée de parties d'inégale pesanteur ; que le rayon rouge est beaucoup plus pesant que le rayon violet , & qu'entre ces deux extrêmes elle contient une infinité de rayons intermédiaires qui approchent plus ou moins de la pesanteur du rayon rouge ou de la légèreté du rayon violet : toutes ces conséquences dérivent nécessairement des phénomènes de l'inflexion de la lumière & de sa réfraction (e) , qui dans

(e) L'attraction universelle agit sur la lumière ; il ne faut , pour s'en convaincre , qu'examiner les cas extrêmes de la réfraction : lorsqu'un rayon de lumière passe à travers un cristal sous un certain angle d'obliquité , la direction change tout-à-coup , & au lieu de continuer sa route , il rentre dans le cristal & se réfléchit. Si la lumière passe du verre dans le vide , toute la force de cette puissance s'exerce , & le rayon est contraint de rentrer , & rentre dans le verre par un effet de son attraction que rien ne balance ; si la lumière passe du cristal dans l'air , l'attraction du cristal plus forte que celle de l'air , la ramène encore , mais avec moins de force , parce que cette attraction du verre est en partie détruite par celle de l'air qui agit en sens contraire sur le rayon de lumière ; si ce rayon passe du

le réel n'est qu'une inflexion qui s'opère lorsque la lumière passe à travers les corps transparens ; 4°. on peut démontrer que la lumière est massive & qu'elle agit dans quelques cas comme agissent tous les autres corps ; car, indépendamment de son effet ordinaire qui est de briller à nos yeux , & de son action propre toujours accompagnée

cristal dans l'eau , l'effet est bien moins sensible , le rayon rentre à peine , parce que l'attraction du cristal est presque toute détruite par celle de l'eau , qui s'oppose à son action ; enfin si la lumière passe du cristal dans le cristal , comme les deux attractions sont égales , l'effet s'évanouit , & le rayon continue sa route : d'autres expériences démontrent que cette puissance attractive ou cette force réfringente , est toujours à très-peu près proportionnelle à la densité des matières transparentes , à l'exception des corps onctueux & sulfureux , dont la force réfringente est plus grande , parce que la lumière a plus d'analogie , plus de rapport de nature avec les matières inflammables qu'avec les autres matières.

Mais s'il restoit quelque doute sur cette attraction de la lumière vers les corps , qu'on jette les yeux sur les inflexions que souffre un rayon lorsqu'il passe fort près de la surface d'un corps ; un trait de lumière ne peut entrer par un très petit trou , dans une chambre obscure , sans être puissamment attiré vers les bords du trou ; ce petit faisceau de rayons se divise , chaque rayon voisin de la circonférence du trou , se plie vers cette circonférence , & cette inflexion produit des franges colorées , des apparences constantes , qui sont l'effet de l'attraction de la lumière vers les corps voisins. Il en est de même des rayons qui passent entre deux lames de couteau , les uns se plient vers la lame supérieure , les autres vers la lame inférieure ; il n'y a que ceux du milieu qui souffrant une égale attraction des deux côtés , ne sont pas détournés , & suivent leur direction.

d'éclat & souvent de chaleur, elle agit par sa masse lorsqu'on la condense en la réunissant, & elle agit au point de mettre en mouvement des corps assez pesans placés au foyer d'un bon miroir ardent; elle fait tourner une aiguille sur un pivot placé à son foyer; elle pousse, déplace, & chasse les feuilles d'or ou d'argent qu'on lui présente avant de les fondre, & même avant de les échauffer sensiblement. Cette action produite par sa masse, est la première, & précède celle de la chaleur; elle s'opère entre la lumière condensée & les feuilles de métal, de la même façon qu'elle s'opère entre deux autres corps qui deviennent contigus, & par conséquent la lumière a encore cette propriété commune avec toute autre matière; 5^e. enfin on sera forcé de convenir que la lumière est un mixte, c'est-à-dire, une matière composée comme la matière commune, non-seulement de parties plus grosses & plus petites, plus ou moins pesantes, plus ou moins mobiles, mais encore différemment figurées; quiconque aura réfléchi sur les phénomènes que Newton appelle *les accès de facile réflexion & de facile transmission de la lumière*, & sur les effets de la double réfraction du cristal de roche, & du spath appelé cristal d'Islande, ne pourra s'empêcher de reconnoître que les atomes de la lumière ont plusieurs côtés, plusieurs faces différentes, qui, selon qu'elles se présentent, produisent constamment des effets différens (f).

(f) Chaque rayon de lumière a deux côtés opposés,

En voilà plus qu'il n'en faut pour démontrer que la lumière n'est pas une matière particulière ni différente de la matière commune ; que son essence est la même, ses propriétés essentielles les mêmes ; qu'enfin elle n'en diffère que parce qu'elle a subi dans le point du contact la répulsion d'où provient sa volatilité. Et de la même manière que l'effet de la force d'attraction s'étend à l'infini, toujours en décroissant comme l'espace augmente, les effets de la répulsion s'étendent & décroissent de même, mais en ordre inverse ; en sorte que l'on peut appliquer à la force expansive tout ce que l'on fait de la force attractive : ce sont pour la Nature deux instrumens de même espèce, ou plutôt ce n'est que le même instrument qu'elle manie dans deux sens opposés.

Toute matière deviendra lumière, dès que toute cohérence étant détruite, elle se trouvera divisée en molécules suffisamment petites, & que ces molécules étant en liberté, seront déterminées par leur attraction mutuelle à se précipiter les unes contre les autres ; dans l'instant du choc la force répulsive s'exercera, les molécules se fuiront

doués originairement d'une propriété d'où dépend la réfraction extraordinaire du cristal, & deux autres côtés opposés qui n'ont pas cette propriété (*Optique de Newton, question XXVI, traduction de Coste*). Nota. Cette propriété dont parle ici Newton, ne peut dépendre que de l'étendue ou de la figure de chacun des côtés des rayons, c'est-à-dire, des atômes de lumière. Voyez cet article en entier dans Newton,

en tout sens avec une vitesse presque infinie, laquelle néanmoins n'est qu'égale à leur vitesse acquise au moment du contact : car la loi de l'attraction étant d'augmenter comme l'espace diminue, il est évident qu'au contact l'espace toujours proportionnel au carré de la distance devient nul, & que par conséquent la vitesse acquise en vertu de l'attraction, doit à ce point devenir presque infinie ; cette vitesse seroit même infinie si le contact étoit immédiat, & par conséquent la distance entre les deux corps absolument nulle ; mais, comme nous l'avons souvent répété, il n'y a rien d'absolu, rien de parfait dans la Nature, & de même rien d'absolument grand, rien d'absolument petit, rien d'entièrement nul, rien de vraiment infini ; & tout ce que j'ai dit de la petitesse *infinie* des atomes qui constituent la lumière, de leur ressort *parfait*, de la distance *nulle* dans le moment du contact, ne doit s'entendre qu'avec restriction. Si l'on pouvoit douter de cette vérité métaphysique, il seroit possible d'en donner une démonstration physique, sans même nous écarter de notre sujet. Tout le monde fait que la lumière emploie environ sept minutes & demie de temps à venir du soleil jusqu'à nous ; supposant donc le soleil à trente-six millions de lieues, la lumière parcourt cette énorme distance en sept minutes & demie, ou ce qui revient au même (supposant son mouvement uniforme), quatre-vingt mille lieues en une seconde. Cette vitesse, quoique prodigieuse, est néanmoins bien éloignée d'être infinie, puisqu'elle est déterminable par les

nombres ; elle cessera même de paroître prodigieuse , lorsqu'on réfléchira que la Nature semble marcher en grand , presque aussi vite qu'en petit ; il ne faut pour cela que supputer la célérité du mouvement des comètes à leur périhélie , ou même celle des planètes qui se meuvent le plus rapidement , & l'on verra que la vitesse de ces masses immenses , quoique moindre , se peut néanmoins comparer d'assez près avec celle de nos atomes de lumière.

Et de même que toute matière peut se convertir en lumière par la division & la répulsion de ses parties excessivement divisées , lorsqu'elles éprouvent un choc des unes contre les autres ; la lumière peut aussi se convertir en toute autre matière par l'addition de ses propres parties , accumulées par l'attraction des autres corps. Nous verrons dans la suite que tous les élémens sont convertibles ; & si l'on a douté que la lumière qui paroît être l'élément le plus simple , pût se convertir en substance solide , c'est que , d'une part , on n'a pas fait assez d'attention à tous les phénomènes , & que d'autre part on étoit dans le préjugé , qu'étant essentiellement volatile , elle ne pouvoit jamais devenir fixe. Mais n'avons-nous pas prouvé que la fixité & la volatilité dépendent de la même force attractive dans le premier cas , devenue répulsive dans le second ? & dès-lors ne sommes-nous pas fondés à croire que ce changement de la matière fixe en lumière , & de la lumière en

matiere fixe, est une des plus fréquentes opérations de la Nature?

Après avoir montré que l'impulsion dépend de l'attraction; que la force expansive est la même que la force attractive devenue négative; que la lumière, & à plus forte raison la chaleur & le feu ne sont que des manieres d'être de la matiere commune; qu'il n'existe, en un mot, qu'une seule force & une seule matiere toujours prête à s'attirer ou à se repousser suivant les circonstances; recherchons comment avec ce seul ressort & ce seul sujet, la Nature peut varier ses œuvres à l'infini. Nous mettrons de la méthode dans cette recherche, & nous en présenterons les résultats avec plus de clarté, en nous abstenant de comparer d'abord les objets les plus éloignés, les plus opposés, comme le feu & l'eau, l'air & la terre, & en nous conduisant au contraire par les mêmes degrés, par les mêmes nuances douces que suit la nature dans toutes ses démarches. Comparons donc les choses les plus voisines, & tâchons d'en saisir les différences, c'est-à-dire, les particularités, & de les présenter avec encore plus d'évidence que leurs généralités. Dans le point de vue général, la lumière, la chaleur & le feu ne sont qu'un seul objet, mais dans le point de vue particulier, ce sont trois objets distincts, trois choses qui, quoique se ressemblant par un grand nombre de propriétés, diffèrent néanmoins par un petit nombre d'autres propriétés assez essentielles, pour qu'on puisse les regarder comme trois choses dif-

férentes, & qu'on doive les comparer une à une.

Quelles sont d'abord les propriétés communes de la lumière & du feu, quelles sont aussi leurs propriétés différentes? La lumière, dit-on, & le feu élémentaire ne sont qu'une même chose, une seule substance : cela peut être ; mais comme nous n'avons pas encore d'idée nette du feu élémentaire, abstenons-nous de prononcer sur ce premier point. La lumière & le feu, tel que nous les connoissons, ne sont-ils pas au contraire deux choses différentes, deux substances distinctes & composées différemment ? le feu est à la vérité très souvent lumineux, mais quelquefois aussi le feu existe sans aucune apparence de lumière ; le feu, soit lumineux, soit obscur, n'existe jamais sans une grande chaleur, tandis que la lumière brille souvent avec éclat sans la moindre chaleur sensible. La lumière paroît être l'ouvrage de la nature ; le feu n'est que le produit de l'industrie de l'homme : la lumière subsiste, pour ainsi dire, par elle-même, & se trouve répandue dans les espaces immenses de l'univers entier ; le feu ne peut subsister qu'avec des alimens, & ne se trouve qu'en quelques points de l'espace où l'homme le conserve, & dans quelques endroits de la profondeur de la terre, où il se trouve également entretenu par des alimens convenables. La lumière, à la vérité, lorsqu'elle est condensée, réunie par l'art de l'homme, peut produire du feu ; mais ce n'est qu'autant qu'elle tombe sur des matières combustibles. La
lumière

lumière n'est donc tout au plus, & dans ce seul cas, que le principe du feu, & non pas le feu; ce principe même n'est pas immédiat, il en suppose un intermédiaire, & c'est celui de la chaleur qui paroît tenir encore de plus près que la lumière à l'essence du feu. Or, la chaleur existe tout aussi souvent sans lumière que la lumière existe sans chaleur; ces deux principes ne paroissent donc pas nécessairement liés ensemble; leurs effets ne sont ni simultanés ni contemporains, puisque dans des certaines circonstances on sent de la chaleur long-temps avant que la lumière paroisse, & que dans d'autres circonstances on voit de la lumière long-temps avant de sentir de la chaleur, & même sans en sentir aucune.

Dès-lors la chaleur n'est-elle pas une autre manière d'être, une modification de la matière, qui diffère à la vérité moins que toute autre de celle de la lumière, mais qu'on peut néanmoins considérer à part, & qu'on devroit concevoir encore plus aisément? Car la facilité plus ou moins grande que nous avons à concevoir les opérations différentes de la nature, dépend de celle que nous avons d'y appliquer nos sens; lorsqu'un effet de la nature tombe sous deux de nos sens, la vue & le toucher, nous croyons en avoir une pleine connoissance; un effet qui n'affecte que l'un ou l'autre de ces deux sens, nous paroît plus difficile à connoître; & dans ce cas, la facilité ou la difficulté d'en juger, dépend du degré de supériorité qui se trouve

entre nos sens ; la lumière que nous n'apercevons què par le sens de la vue (sens le plus fautif & le plus incomplet), ne devroit pas nous être aussi-bien connue, que la chaleur qui frappe le toucher, & affecte par conséquent le plus sûr de nos sens. Cependant il faut avouer qu'avec cet avantage on a fait beaucoup moins de découvertes sur la nature de la chaleur, que sur celle de la lumière, soit que l'homme saisisse mieux ce qu'il voit que ce qu'il sent, soit que la lumière se présentant ordinairement comme une substance distincte & différente de toutes les autres, elle a paru digne d'une considération particuliere ; au lieu que la chaleur dont l'effet est plus obscur, se présentant comme un objet moins isolé, moins simple, n'a pas été regardée comme une substance distincte, mais comme un attribut de la lumière & du feu.

Quand même cette opinion, qui fait de la chaleur un pur attribut, une simple qualité, se trouveroit fondée, il seroit toujours utile de considérer la chaleur en elle-même & par les effets qu'elle produit toute seule ; c'est-à-dire, lorsqu'elle nous paroît indépendante de la lumière & du feu. La première chose qui me frappe, & qui me paroît bien digne de remarque, c'est que le siège de la chaleur est tout différent de celui de la lumière ; celle-ci occupe & parcourt les espaces vides de l'univers ; la chaleur au contraire se trouve généralement répandue dans toute la matière solide. Le globe de la terre

& toutes les matieres dont il est composé, ont un degré de chaleur bien plus considérable qu'on ne pourroit l'imaginer. L'eau a son degré de chaleur qu'elle ne perd qu'en changeant son état, c'est-à-dire, en perdant sa fluidité; l'air a aussi sa chaleur, que nous appellons sa température, qui varie beaucoup, mais qu'il ne perd jamais en entier, puisque son ressort subsiste même dans le plus grand froid; le feu a aussi ses différens degrés de chaleur, qui paroissent moins dépendre de sa nature propre, que de celle des alimens qui le nourrissent. Ainsi toute la matiere connue est chaude, & dès-lors la chaleur est une affection bien plus générale que celle de la lumiere.

La chaleur pénètre tous les corps qui lui sont exposés, & cela sans aucune exception; tandis qu'il n'y a que les corps transparens qui laissent passer la lumiere, & qu'elle est arrêtée & en partie repoussée par tous les corps opaques. La chaleur semble donc agir d'une maniere bien plus générale & plus palpable que n'agit la lumiere; & quoique les molécules de la chaleur soient excessivement petites, puisqu'elles pénètrent les corps les plus compacts, il me semble néanmoins que l'on peut démontrer qu'elles sont bien plus grosses que celles de la lumiere; car on fait de la chaleur avec la lumiere, en la réunissant en grande quantité; d'ailleurs la chaleur agissant sur le sens du toucher, il est nécessaire que son action soit proportionnée à la grossièreté de ce sens, comme la délicatesse des organes de la vue

paroît l'être à l'extrême finesse des parties de la lumière : celles-ci se meuvent avec la plus grande vitesse, agissent dans l'instant à des distances immenses ; tandis que celles de la chaleur n'ont qu'un mouvement progressif assez lent, qui ne paroît s'étendre qu'à de petits intervalles du corps dont elles emanent.

Le principe de toute chaleur paroît être l'attrition des corps ; tout frottement, c'est-à-dire, tout mouvement en sens contraire entre des matieres solides , produit de la chaleur ; & si ce même effet n'arrive pas dans les fluides , c'est parce que leurs parties ne se touchent pas d'assez près pour pouvoir être frottées les unes contre les autres , & qu'ayant peu d'adhérence entr'elles , leur résistance au choc des autres corps est trop foible pour que la chaleur puisse naître ou se manifester à un degré sensible ; mais dans ce cas on voit souvent de la lumière produite par ce frottement d'un fluide , sans sentir de la chaleur. Tous les corps , soit en petit ou en grand volume , s'échauffent dès qu'ils se rencontrent en sens contraire : la chaleur est donc produite par le mouvement de toute matiere palpable & d'un volume quelconque ; au lieu que la production de la lumière qui se fait aussi par le mouvement en sens contraire , suppose de plus la division de la matiere en parties très petites ; & comme cette opération de la nature est la même pour la production de la chaleur & celle de la lumière , que c'est le mouvement en sens contraire, la rencontre des corps

qui produisent l'un & l'autre , on doit en conclure que les atomes de la lumière sont solides par eux-mêmes , & qu'ils sont chauds au moment de leur naissance ; mais on ne peut pas également assurer qu'ils conservent leur chaleur au même degré que leur lumière , ni qu'ils ne cessent pas d'être chauds avant de cesser d'être lumineux. Des expériences familières paroissent indiquer que la chaleur de la lumière du soleil augmente en passant à travers une glace plane , quoique la quantité de la lumière soit diminuée considérablement par la réflexion qui se fait à la surface extérieure de la glace , & que la matière même du verre en retienne une certaine quantité. D'autres expériences plus recherchées (g) semblent prouver que la lu-

(g) Un habile Physicien (M. de Saussure , citoyen de Genève) a bien voulu me communiquer le résultat des expériences qu'il a faites dans les montagnes , sur la différente chaleur des rayons du soleil , & je vais rapporter ici ses propres expressions. „ J'ai fait faire , en „ Mars 1767 , cinq caisses rectangulaires de verre blanc „ de Bohême , chacune desquelles est la moitié d'un „ cube coupé parallèlement à sa base ; la première a „ un pied de largeur en tout sens , sur six pouces de „ hauteur ; la seconde , dix pouces sur cinq , & ainsi „ de suite jusqu'à la cinquième qui a deux pouces sur „ un. Toutes ces caisses sont ouvertes par le bas , & „ s'emboîtent les unes dans les autres sur une table „ fort épaisse de bois de poirier noirci , à laquelle elles „ sont fixées. J'emploie sept thermomètres à cette expérience , l'un suspendu en l'air & parfaitement isolé „ à côté des boîtes & à la même distance du sol , un „ autre posé sur la caisse extérieure en dehors de cette „ caisse , & à-peu-près au milieu ; le suivant posé de

miere augmente de chaleur à mesure qu'elle traverse une plus grande épaisseur de notre atmosphère.

On fait de tout temps que la chaleur devient d'autant moindre, ou le froid d'autant plus grand, qu'on s'élève plus haut dans les montagnes. Il est vrai que la chaleur qui provient du globe entier de la terre, doit être moins sensible sur ces pointes avancées qu'elle ne l'est dans les plaines; mais cette cause n'est point du tout proportionnelle à l'effet : l'action de la chaleur qui émane du globe terrestre ne pouvant diminuer qu'en raison du quarré de la distance, il ne pa-

» même sur la seconde caisse, & ainsi des autres jus-
 » qu'au dernier qui est sous la cinquième caisse, & à
 » demi noyé dans le bois de la table.

» Il faut observer que tous ces thermomètres sont
 » de mercure, & que tous, excepté le dernier, ont
 » la boule nue, & ne sont pas engagés comme les
 » thermomètres ordinaires dans une planche ou dans
 » une boîte dont le plus ou moins d'aptitude à prendre
 » & à conserver la chaleur, fait entièrement varier
 » les résultats des expériences.

» Tout cet appareil exposé au soleil dans un lieu
 » découvert, par exemple, sur le mur de clôture d'une
 » grande terrasse, je trouve que le thermomètre sus-
 » pendu à l'air libre, monte le moins haut de tous ;
 » que celui qui est sur la caisse extérieure, monte un
 » peu plus haut, ensuite celui qui est sur la seconde
 » caisse, & ainsi des autres, en observant cependant
 » que le thermomètre qui est posé sur la cinquième
 » caisse, monte plus haut, que celui qui est sous elle &
 » à demi noyé dans le bois de la table : j'ai vu celui-là
 » monter à 70 degrés de Reaumur (en plaçant le 0 à
 » la congélation & le 80me degré à l'eau bouillante).

roit pas qu'à la hauteur d'une demi-lieue, qui n'est que la trois-millième partie du demi-diamètre du globe, dont le centre doit être pris pour le foyer de la chaleur; il ne paroît pas, dis-je, que cette différence, qui dans cette supposition n'est que d'une unité sur neuf millions, puisse produire une diminution de chaleur aussi considérable, à beaucoup près, que celle qu'on éprouve en s'élevant à cette hauteur; car le thermomètre y baisse dans tous les temps de l'année jusqu'au point de la congélation de l'eau; la neige ou la glace subsistent aussi sur ces grandes montagnes à-peu-près à cette hau-

» Les fruits exposés à cette chaleur, s'y cuisent & y rendent leur jus.

» Quand cet appareil est exposé au soleil dès le matin, on observe communément la plus grande chaleur vers les deux heures & demi après midi; & lorsqu'on le retire des rayons du soleil, il emploie plusieurs heures à son entier refroidissement.

» J'ai fait porter ce même appareil sur une montagne élevée d'environ cinq cents toises au-dessus du lieu où se faisoient ordinairement les expériences; & j'ai trouvé que le refroidissement causé par l'élévation, agissoit beaucoup plus sur les thermomètres suspendus à l'air libre, que sur ceux qui étoient enfermés dans les caisses de verre, quoique j'eusse eu soin de remplir les caisses de l'air même de la montagne, par égard pour la fausse hypothèse de ceux qui croient que le froid des montagnes tient de la pureté de l'air qu'on y respire «.

Il seroit à désirer que M. de Saussure, de la sagacité duquel nous devons attendre d'excellentes choses, suivît encore plus loin ces expériences, & voulût bien en publier les résultats.

teur dans toutes les saisons : il n'est donc pas probable que cette grande différence de chaleur provienne uniquement de la différence de la chaleur de la terre : l'on en fera pleinement convaincu, si l'on fait attention qu'au haut des volcans où la terre est plus chaude, qu'en aucun autre endroit de la surface du globe, le froid de l'air est à très peu près le même, que dans les autres montagnes à la même hauteur.

On pourroit donc penser que les atomes de la lumière, quoique très chauds au moment de leur naissance & au sortir du soleil, se refroidissent beaucoup pendant les sept minutes & demie de temps que dure leur traversée du soleil à la terre, d'autant que la durée de la chaleur, ou, ce qui revient au même, le temps du refroidissement des corps étant en raison de leur diamètre, il sembleroit qu'il ne faut qu'un très petit moment pour le refroidissement des atomes presque infiniment petits de la lumière ; & cela seroit en effet s'ils étoient isolés : mais comme ils se succèdent presque immédiatement, & qu'ils se propagent en faisceaux d'autant plus serrés qu'ils sont plus près du lieu de leur origine, la chaleur que chaque atome perd, tombe sur les atomes voisins ; & cette communication réciproque de la chaleur qui s'évapore de chaque atome, entretient plus long-temps la chaleur générale de la lumière ; & comme sa direction constante est toujours en rayons divergens, que leur éloignement l'un de l'autre augmente comme l'espace qu'ils ont parcouru, & qu'en

même temps la chaleur qui part de chaque atome, comme centre, diminue aussi dans la même raison; il s'ensuit que l'action de la lumière des rayons solaires décroissant en raison inverse du quarré de la distance, celle de leur chaleur décroît en raison inverse du quarré-quarré de cette même distance.

Prenant donc pour unité le demi-diamètre du soleil, & supposant l'action de la lumière comme 1000, à la distance d'un demi-diamètre de la surface de cet astre, elle ne sera plus que comme $\frac{1000}{4}$ à la distance de deux demi-diamètres, que comme $\frac{1000}{16}$ à celle de trois demi-diamètres, comme $\frac{1000}{64}$ à la distance de quatre demi-diamètres; & enfin en arrivant à nous qui sommes éloignés du soleil de trente-six millions de lieues, c'est-à-dire, d'environ deux cents vingt-quatre de ses demi-diamètres, l'action de la lumière ne sera plus que comme $\frac{1000}{50625}$, c'est-à-dire, plus de cinquante mille fois plus foible qu'au sortir du soleil; & la chaleur de chaque atome de lumière étant aussi supposée 1000 au sortir du soleil, ne sera plus que comme $\frac{1000}{16}$, $\frac{1000}{81}$, $\frac{1000}{256}$ à la distance successive de 1, 2, 3 demi-diamètres, & en arrivant à nous, comme $\frac{1000}{2562890625}$, c'est-à-dire, plus de deux mille cinq cents millions de fois plus foible qu'au sortir du soleil.

Quand même on ne voudroit pas admettre cette diminution de la chaleur de la lumière en raison du quarré quarré de la distance au soleil, quoique cette estimation me paroisse fondée sur un raisonnement assez clair, il fera toujours vrai que la chaleur, dans sa

propagation, diminue beaucoup plus que la lumière, au moins quant à l'impression qu'elles font l'une & l'autre sur nos sens. Qu'on excite une très forte chaleur, qu'on allume un grand feu dans un point de l'espace, on ne le sentira qu'à une distance médiocre, au lieu qu'on en voit la lumière à de très grandes distances; qu'on approche peu-à-peu la main d'un corps excessivement chaud, on s'apercevra par la seule sensation que la chaleur augmente beaucoup plus que l'espace ne diminue; car on se chauffe souvent avec plaisir à une distance qui ne diffère que de quelques pouces de celle où l'on se brûleroit. Tout paroît donc nous indiquer que la chaleur diminue en plus grande raison que la lumière, à mesure que toutes deux s'éloignent du foyer dont elles partent.

Ainsi l'on peut croire que les atomes de la lumière sont fort refroidis lorsqu'ils arrivent à la surface de notre atmosphère; mais qu'en traversant la grande épaisseur de cette masse transparente, ils y reprennent par le frottement une nouvelle chaleur. La vitesse infinie avec laquelle les particules de la lumière frôlent celles de l'air, doit produire une chaleur d'autant plus grande, que le frottement est plus multiplié; & c'est probablement par cette raison que la chaleur des rayons solaires se trouve, par l'expérience, beaucoup plus grande dans les couches inférieures de l'atmosphère, & que le froid de l'air paroît augmenter si considérablement à mesure qu'on s'élève. Peut-être aussi que comme la lumière ne prend de la

chaleur qu'en se réunissant, il faut un grand nombre d'atomes de lumière pour constituer un seul atome de chaleur, & que c'est par cette raison que la lumière foible de la lune, quoique frôlée dans l'atmosphère comme celle du soleil, ne prend aucun degré de chaleur sensible. Si, comme le dit M. Bouguer (*h*), l'intensité de la lumière du soleil à la surface de la terre, est trois cents mille fois plus grande que celle de la lumière de la lune, celle-ci ne peut qu'être presque absolument insensible, même en la réunissant au foyer des plus puissans miroirs ardens qui ne peuvent la condenser qu'environ deux mille fois, dont ôtant la moitié pour la perte par la réflexion ou la réfraction, il ne reste qu'une trois-centième partie d'intensité au foyer du miroir. Or, y a-t-il des thermomètres assez sensibles pour indiquer le degré de chaleur contenu dans une lumière trois cents fois plus foible que celle du soleil, & pourra-t-on faire des miroirs assez puissans pour la condenser davantage ?

Ainsi l'on ne doit pas inférer de tout ce que j'ai dit, que la lumière puisse exister sans aucune chaleur, mais seulement que les degrés de cette chaleur sont très différens, selon les différentes circonstances, & toujours insensibles lorsque la lumière est très foible (*i*). La chaleur au contraire paroît

(*h*) Essai d'Optique sur la gradation de la lumière.

(*i*) On pourroit même présumer que la lumière en elle-même est composée de parties plus ou moins chau-

exister habituellement , & même se faire sentir vivement sans lumière ; ce n'est ordinairement que quand elle devient excessive que la lumière l'accompagne. Mais ce qui mettroit encore une différence bien essentielle entre ces deux modifications de la matière , c'est que la chaleur qui pénètre tous les corps , ne paroît se fixer dans aucun , & ne s'y arrêter que peu de temps ; au lieu que la lumière s'incorpore , s'amortit & s'éteint dans tous ceux qui ne la réfléchissent pas , ou qui ne la laissent pas passer librement.

des ; le rayon rouge , dont les atomes sont bien plus massifs & probablement plus gros , que ceux du rayon violet , doit en toutes circonstances conserver beaucoup plus de chaleur , & cette présomption me paroît assez fondée pour qu'on doive chercher à la constater par l'expérience ; il ne faut pour cela que recevoir au sortir du prisme , une-égale quantité de rayons rouges & de rayons violets , sur deux petits miroirs concaves ou deux lentilles réfringentes , & voir au thermomètre le résultat de la chaleur des uns & des autres.

Je me rappelle une autre expérience qui semble démontrer que les atomes bleus de la lumière sont plus petits que ceux des autres couleurs ; c'est qu'en recevant sur une feuille très mince d'or battu , la lumière du soleil , elle se réfléchit toute , à l'exception des rayons bleus qui passent à travers la feuille d'or , & peignent d'un beau bleu le papier blanc qu'on met à quelque distance derrière la feuille d'or. Ces atomes bleus sont donc plus petits que les autres , puisqu'ils passent où les autres ne peuvent passer : mais je n'insiste pas sur les conséquences qu'on doit tirer de cette expérience , parce que cette couleur bleue produite en apparence par la feuille d'or , peut tenir au phénomène des ombres bleues dont je parlerai dans un des Mémoires suivans.

Faites chauffer à tous degrés des corps de toute sorte, tous perdront en assez peu de temps la chaleur acquise, tous reviendront au degré de la température générale, & n'auront par conséquent que la même chaleur qu'ils avoient auparavant. Recevez de même la lumière en plus ou moins grande quantité sur des corps noirs ou blancs, bruts ou polis, vous reconnoîtrez aisément que les uns l'admettent, les autres la repoussent, & qu'au lieu d'être affectés d'une manière uniforme, comme ils le sont par la chaleur, ils ne le sont que d'une manière relative à leur nature, à leur couleur, à leur poli; les noirs absorberont plus la lumière que les blancs, les bruts plus que les polis. Cette lumière une fois absorbée, reste fixe & demeure dans les corps qui l'ont admise, elle ne reparoit plus, elle n'en sort pas comme le fait la chaleur; d'où l'on devroit conclure que les atomes de la lumière peuvent devenir parties constitutantes des corps en s'unissant à la matière qui les compose; au lieu que la chaleur ne se fixant pas, semble empêcher au contraire l'union de toutes les parties de la matière, & n'agir que pour les tenir séparées.

Cependant il y a des cas où la chaleur se fixe à demeure dans les corps, & d'autres cas où la lumière qu'ils ont absorbée reparoit & en sort comme la chaleur. Les diamans, les autres pierres transparentes qui s'imbibent de la lumière du soleil; les pierres opaques, comme celle de Bologne, qui, par la calcination, reçoivent les particules d'un

feu brillant; tous les phosphores naturels rendent la lumière qu'ils ont absorbée; & cette restitution ou déperdition de lumière se fait successivement & avec le temps, à-peu-près comme se fait celle de la chaleur. Et peut-être la même chose arrive dans les corps opaques, en tout ou en partie. Quoi qu'il en soit, il paroît d'après tout ce qui vient d'être dit, que l'on doit reconnoître deux sortes de chaleur, l'une lumineuse, dont le soleil est le foyer immense, & l'autre obscure, dont le grand réservoir est le globe terrestre. Notre corps, comme faisant partie du globe, participe à cette chaleur obscure; & c'est par cette raison qu'étant obscure par elle-même, c'est-à-dire, sans lumière, elle est encore obscure pour nous, parce que nous ne nous en appercevons par aucun de nos sens. Il en est de cette chaleur du globe comme de son mouvement, nous y sommes soumis, nous y participons sans le sentir & sans nous en douter. De-là il est arrivé que les Physiciens ont porté d'abord toutes leurs vues, toutes leurs recherches sur la chaleur du soleil, sans soupçonner qu'elle ne faisoit qu'une très petite partie de celle que nous éprouvons réellement; mais ayant fait des instrumens pour reconnoître la différence de chaleur immédiate des rayons du soleil en été, à celle de ces mêmes rayons en hiver, ils ont trouvé avec étonnement que cette chaleur solaire est en été soixante-fix fois plus grande qu'en hiver dans notre climat, & que néanmoins la plus grande chaleur de notre été ne différoit que d'un septième du

plus grand froid de notre hiver : d'où ils ont conclu , avec grande raison , qu'indépendamment de la chaleur que nous recevons du soleil , il en émane une autre du globe même de la terre , bien plus considérable , & dont celle du soleil n'est que le complément ; en sorte qu'il est aujourd'hui démontré que cette chaleur qui s'échappe de l'intérieur de la terre (k) , est dans notre climat au moins vingt-neuf fois en été , & quatre cents fois en hiver plus grande que la chaleur qui nous vient du soleil ; je dis au moins , car quelque exactitude que les Physiciens , & en particulier M. de Mairan , aient apporté dans ces recherches , quelque précision qu'ils aient pu mettre dans leurs observations & dans leur calcul ; j'ai vu , en les examinant , que le résultat pouvoit en être porté plus haut (l).

(k) Voyez l'histoire de l'Académie des Sciences , année 1702 , page 7 ; & le Mémoire de M. Amontons , page 155 ; -- les Mémoires de M. Mairan , année 1710 , page 104 ; année 1721 , page 8 ; année 1765 , p. 143.

(l) Les Physiciens ont pris pour le degré du froid absolu mille degrés au-dessous de la congélation , il falloit plutôt le supposer de dix mille que de mille ; car quoique je sois très persuadé qu'il n'existe rien d'absolu dans la Nature , & que peut-être un froid de dix mille degrés n'existe que dans les espaces les plus éloignés de tout soleil ; cependant comme il s'agit ici de prendre pour unité le plus grand froid possible , je l'aurois au moins supposé plus grand que celui dont nous pouvons produire la moitié ou les trois cinquièmes , car on a produit artificiellement cinq cent quatre-vingt-douze degrés de froid à Pétersbourg , le 6 Janvier 1760 , le froid naturel étant de 31 degrés au-des-

Cette grande chaleur qui réside dans l'intérieur du globe, qui sans cesse en émane à l'extérieur, doit entrer comme élément dans la combinaison de tous les autres élémens. Si le soleil est le pere de la nature, cette chaleur de la terre en est la mere, & toutes deux se réunissent pour produire, entretenir animer les êtres organisés, & pour travailler, assimiler, composer les substances inanimées. Cette chaleur intérieure du globe

sous de la congélation; & si l'on eût fait la même expérience en Sibérie, où le froid naturel est quelquefois de soixante-dix degrés, on eût produit un froid de plus de mille degrés; car on a observé que le froid artificiel suivoit la même proportion que le froid naturel. Or, $31 : 592 :: 70 : 1336 \frac{24}{1}$; il seroit donc possible de produire en Sibérie un froid de treize cent trente-six degrés au-dessous de la congélation; donc le plus grand degré de froid possible doit être supposé bien au-delà de mille ou même de treize cent trente-six pour en faire l'unité à laquelle on rapporte les degrés de la chaleur tant solaire que terrestre, ce qui ne laissera pas d'en rendre la différence encore plus grande. --- Une autre remarque que j'ai faite en examinant la construction de la table dans laquelle M. de Mairan donne les rapports de la chaleur des émanations du globe terrestre à ceux de la chaleur solaire pour tous les climats de la terre, c'est qu'il n'a pas pensé ou qu'il a négligé d'y faire entrer la considération de l'épaisseur du globe, plus grande sous l'équateur que sous les pôles. Cela néanmoins devoit être mis en compte, & auroit un peu changé les rapports qu'il donne pour chaque latitude. --- Enfin une troisième remarque, & qui tient à la première, c'est qu'il dit (page 160) qu'ayant fait construire une machine qui étoit comme un extrait de mes miroirs brûlans, & ayant fait tomber la lumière réfléchie du soleil sur des thermomètres, il avoit tou-

qui

qui tend toujours du centre à la circonférence, & qui s'éloigne perpendiculairement de la surface de la terre, est, à mon avis, un grand agent dans la nature; l'on ne peut guere douter qu'elle n'ait la principale influence sur la perpendicularité de la tige des plantes, sur les phénomènes de l'électricité, dont la principale cause est le frottement ou mouvement en sens contraire, sur les effets du magnétisme, &c. Mais comme je ne pré-

jours trouvé que si un miroir plan avoit fait monter la liqueur, par exemple, de trois degrés, deux miroirs dont on réunissoit la lumière, la faisoient monter de six degrés; & trois miroirs, de neuf degrés. Or il est aisé de sentir que ceci ne peut pas être généralement vrai; car la grandeur des degrés du thermomètre n'est fondée que sur la division en mille parties, & sur la supposition que mille degrés au-dessous de la congélation font le froid absolu; & comme il s'en faut bien que ce terme soit celui du plus grand froid possible, il est nécessaire qu'une augmentation de chaleur double ou triple par la réunion de deux ou trois miroirs, élève la liqueur à des hauteurs différentes de celle des degrés du thermomètre, selon que l'expérience sera faite dans un temps plus ou moins chaud; que celui ou ces hauteurs s'accorderont le mieux ou différeront le moins, sera celui des jours chauds de l'été, & que les expériences ayant été faites sur la fin de Mai, ce n'est que par hasard qu'elles ont donné le résultat des augmentations de chaleur par les miroirs, proportionnelles aux degrés de l'échelle du thermomètre. Mais j'abrège cette critique, en renvoyant à ce que j'ai dit près de vingt ans avant ce Mémoire de M. de Mairan, sur la construction d'un thermomètre réel, & sa graduation par le moyen de mes miroirs brûlans. Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1747.

tends pas faire ici un Traité de Physique, je me bornerai aux effets de cette chaleur sur les autres élémens. Elle suffit seule, elle est même bien plus grande qu'il ne faut pour maintenir la raréfaction de l'air au degré que nous respirons; elle est plus que suffisante pour entretenir l'eau dans son état de liquidité, car on a descendu des thermomètres jusqu'à cent vingt brasses de profondeur (*m*), & les retirant promptement, on a vu que la température de l'eau y étoit à très peu près la même que dans l'intérieur de la terre à pareille profondeur, c'est-à-dire, de dix degrés deux tiers. Et comme l'eau la plus chaude monte toujours à la surface, & que le sel l'empêche de geler, on ne doit pas être surpris de ce qu'en général la mer ne gèle pas, & que les eaux douces ne gèlent que d'une certaine épaisseur, l'eau du fond restant toujours liquide, lors même qu'il fait le plus grand froid, & que les couches supérieures sont en glace de dix pieds d'épaisseur.

Mais la terre est celui de tous les élémens sur lequel cette chaleur intérieure a dû produire & produit encore les plus grands effets. On ne peut pas douter, après les preuves que j'en ai données (*n*), que cette chaleur n'ait été originairement bien plus grande

(*m*) Histoire physique de la mer, par M. le Comte Marfigli, page 16.

(*n*) Voyez, dans cet ouvrage, l'article de la formation des planètes; & ci-après, les articles des époques de la Nature.

qu'elle ne l'est aujourd'hui : ainsi on doit lui rapporter, comme à la cause première, toutes les sublimations, précipitations, agrégations, séparations, en un mot, tous les mouvemens qui se sont faits & se font chaque jour dans l'intérieur du globe, & surtout dans la couche extérieure où nous avons pénétré, & dont la matière a été remuée par les agens de la Nature, ou par les mains de l'homme ; car à une ou peut-être deux lieues de profondeur, on ne peut guère présumer qu'il y ait eu des conversions de matière, ni qu'il s'y fasse encore des changemens réels : toute la masse du globe ayant été fendue, liquéfiée par le feu, l'intérieur n'est qu'un verre ou concret ou discret, dont la substance simple ne peut recevoir aucune altération par la chaleur seule ; il n'y a donc que la couche supérieure & superficielle qui, étant exposée à l'action des causes extérieures, aura subi toutes les modifications que ces causes réunies à celle de la chaleur intérieure auront pu produire par leur action combinée, c'est-à-dire, toutes les modifications, toutes les différences, toutes les formes, en un mot, des substances minérales.

Le feu qui ne paroît être, à la première vue, qu'un composé de chaleur & de lumière, ne seroit-il pas encore une modification de la matière qu'on doit considérer à part, quoiqu'elle ne diffère pas essentiellement de l'une ou de l'autre, & encore moins des deux prises ensemble ? le feu n'existe jamais sans chaleur, mais il

peut exister sans lumière. On verra par mes expériences, que la chaleur seule & dénuée de toute apparence de lumière, peut produire les mêmes effets que le feu le plus violent. On voit aussi que la lumière seule, lorsqu'elle est réunie, produit les mêmes effets; elle semble porter en elle-même une substance qui n'a pas besoin d'aliment; le feu ne peut subsister au contraire qu'en absorbant de l'air, & il devient d'autant plus violent qu'il en absorbe davantage; tandis que la lumière concentrée & reçue dans un vase purgé d'air, agit comme le feu dans l'air, & que la chaleur réfléree, retenue dans un espace clos, subsiste & même augmente avec une très petite quantité d'alimens. La différence la plus générale entre le feu, la chaleur & la lumière, me paroît donc consister dans la quantité, & peut-être dans la qualité de leurs alimens. L'air est le premier aliment du feu, les matières combustibles ne sont que le second; j'entends par premier aliment, celui qui est toujours nécessaire & sans lequel le feu ne pourroit faire aucun usage des autres. Des expériences connues de tous les Physiciens, nous démontrent qu'un petit point de feu, tel que celui d'une bougie placée dans un vase bien fermé, absorbe en peu de temps une grande quantité d'air, & qu'elle s'éteint aussitôt que la quantité ou la qualité de cet aliment lui manque. D'autres expériences bien connues des Chimistes, prouvent que les matières les plus combustibles, telles que les charbons, ne se consu-

ment pas dans des vaisseaux bien clos, quoiqu'exposées à l'action du plus grand feu. L'air est donc le premier, le véritable aliment du feu; & les matieres combustibles ne peuvent lui en fournir que par le secours & la médiation de cet élément dont il est nécessaire, avant d'aller plus loin, que nous considérons ici quelques propriétés.

Nous avons dit que toute fluidité avoit la chaleur pour cause; & en comparant quelques fluides ensemble, nous voyons qu'il faut beaucoup plus de chaleur pour tenir le fer en fusion que l'or, beaucoup plus pour y tenir l'or que l'étain, beaucoup moins pour y tenir la cire, beaucoup moins pour y tenir l'eau, encore beaucoup moins pour y tenir l'esprit-de-vin, & enfin excessivement moins pour y tenir le mercure, puisqu'il ne perd sa fluidité qu'à cent quatre-vingt-septième degré au-dessous de celui où l'eau perd la sienne. Cette matiere, le mercure, seroit donc le plus fluide des corps si l'air ne l'étoit encore plus. Or, que nous indique cette fluidité plus grande dans l'air que dans aucune matiere? il me semble qu'elle suppose le moindre degré possible d'adhérence entre ses parties constituantes, ce qu'on peut concevoir en les supposant de figure à ne pouvoir se toucher qu'en un point. On pourroit croire aussi qu'étant douées de si peu d'énergie apparente, & de si peu d'attraction mutuelle des unes vers les autres, elles sont, par cette raison, moins massives & plus légères, que

celles de tous les autres corps : mais cela me paroît démenti par la comparaison du mercure , le plus fluide des corps après l'air , & dont néanmoins les parties constituantes paroissent être plus massives & plus pesantes que celles de toutes les autres matieres , à l'exception de l'or. La plus ou moins grande fluidité n'indique donc pas que les parties du fluide soient plus ou moins pesantes , mais seulement que leur adhérence est d'autant moindre , leur union d'autant moins intime , & leur séparation d'autant plus aisée. S'il faut mille degrés de chaleur pour entretenir la fluidité de l'eau , il n'en faudra peut-être qu'un pour maintenir celle de l'air.

L'air est donc de toutes les matieres connues , celle que la chaleur divise le plus facilement , celle dont les parties lui obéissent avec le moins de résistance , celle qu'elle met le plus aisément en mouvement expansif & contraire à celui de la force attractive. Ainsi l'air est tout près de la nature du feu , dont la principale propriété consiste dans ce mouvement expansif ; & quoique l'air ne l'ait pas par lui-même , la plus petite particule de chaleur ou de feu suffisant pour le lui communiquer , on doit cesser d'être étonné de ce que l'air augmente si fort l'activité du feu , & de ce qu'il est si nécessaire à sa subsistance : car étant de toutes les substances , celle qui prend le plus aisément le mouvement expansif , ce sera celle aussi que le feu entraînera , enlèvera de préférence à toute autre , ce sera celle qu'il

s'appropriera le plus intimement , comme étant de la nature la plus voisine de la sienne ; & par conséquent l'air doit être du feu l'adminicule le plus puissant , l'aliment le plus convenable , *l'ami* le plus intime & le plus nécessaire.

Les matieres combustibles que l'on regarde vulgairement comme les vrais alimens du feu , ne lui servent néanmoins , ne lui profitent en rien dès qu'elles sont privées du secours de l'air ; le feu le plus violent ne les consume pas , & même ne leur cause aucune altération sensible ; au lieu qu'avec de l'air , une seule étincelle de feu les embrase , & qu'à mesure qu'on fournit de l'air en plus ou moins grande quantité , le feu devient dans la même proportion plus vif , plus étendu , plus dévorant. De sorte qu'on peut mesurer la célérité ou la lenteur avec laquelle le feu consume les matieres combustibles par la quantité plus ou moins grande de l'air qu'on lui fournit. Ces matieres ne sont donc , pour le feu , que des alimens secondaires , qu'il ne peut s'approprier par lui-même , & dont il ne peut faire usage qu'autant que l'air s'y mêlant , les rapproche de la nature du feu , en les modifiant , & leur sert d'intermède pour les y réunir.

On pourra (ce me semble) concevoir clairement cette opération de la Nature , en considérant que le feu ne réside pas dans les corps d'une maniere fixe , qu'il n'y fait ordinairement qu'un séjour instantané , qu'étant toujours en mouvement expansif , il

ne peut subsister dans cet état qu'avec les matieres susceptibles de ce même mouvement, que l'air s'y prêtant avec toute facilité, la somme de ce mouvement devient plus grande, l'action du feu plus vive, & que dès-lors les parties les plus volatiles des matieres combustibles, telles que les molécules aériennes, huileuses, &c. obéissant sans effort à ce mouvement expansif qui leur est communiqué, elles s'élèvent en vapeurs; que ces vapeurs se convertissent en flamme par le même secours de l'air extérieur; & qu'enfin tant qu'il subsiste dans les corps combustibles quelques parties capables de recevoir, par le secours de l'air, ce mouvement d'expansion, elles ne cessent de s'en séparer pour suivre l'air & le feu dans leur route, & par conséquent se consumer en s'évaporant avec eux.

Il y a de certaines matieres, telles que le phosphore artificiel, le pyrophore, la poudre à canon qui paroissent à la première vue faire une exception à ce que je viens de dire, car elles n'ont pas besoin pour s'enflammer & se consumer en entier, du secours d'un air renouvelé; leur combustion peut s'opérer dans les vaisseaux les mieux fermés; mais c'est par la raison que ces matieres, qu'on doit regarder comme les plus combustibles de toutes, contiennent dans leur substance tout l'air nécessaire à leur combustion. Leur feu produit d'abord cet air & le consume à l'instant; & comme il est en très grande quantité dans ces matieres, il suffit à leur pleine combustion
qui

qui dès-lors n'a pas besoin, comme toutes les autres, du secours d'un air étranger.

Cela semble nous indiquer que la différence la plus essentielle qu'il y ait entre les matieres combustibles & celles qui ne le sont pas, c'est que celles-ci ne contiennent que peu ou point de ces matieres légères, aériennes, huileuses, susceptibles du mouvement expansif, ou que si elles en contiennent, elles s'y trouvent fixées & retenues; en sorte que quoique volatiles en elles-mêmes, elles ne peuvent exercer leur volatilité toutes les fois que la force du feu n'est pas assez grande pour surmonter la force d'adhésion qui les retient unies aux parties fixes de la matiere. On peut même dire que cette induction qui se tire immédiatement de mes principes, se trouve confirmée par un grand nombre d'observations bien connues des Chimistes & des Physiciens; mais ce qui paroît l'être moins, & qui cependant en est une conséquence nécessaire, c'est que toute matiere pourra devenir volatile dès que l'homme pourra augmenter assez la force expansive du feu, pour la rendre supérieure à la force attractive qui tient unie les parties de la matiere, que nous appellons fixes; car d'une part, il s'en faut bien que nous ayons un feu aussi fort que nous pourrions l'avoir par des miroirs mieux conçus, que ceux dont on s'est servi jusqu'à ce jour; & d'autre côté, nous sommes assurés que la fixité n'est qu'une quantité relative, & qu'aucune

matiere n'est d'une fixité absolue ou invincible ; puisque la chaleur dilate les corps les plus fixes. Or cette dilatation n'est-elle pas l'indice d'un commencement de séparation qu'on augmente avec le degré de chaleur jusqu'à la fusion , & qu'avec une chaleur encore plus grande on augmenteroit jusqu'à la volatilisation ?

La combustion suppose quelque chose de plus que la volatilisation, il suffit pour celle-ci que les parties de la matiere soient assez divisées, assez séparées les unes des autres pour pouvoir être enlevées par celles de la chaleur ; au lieu que pour la combustion, il faut encore qu'elles soient d'une nature analogue à celle du feu, sans cela le mercure qui est le plus fluide après l'air , seroit aussi le plus combustible, tandis que l'expérience nous démontre que quoique très volatil il est incombustible. Or, quel est donc l'analogie ou plutôt le rapport de nature que peuvent avoir les matieres combustibles avec le feu ? La matiere en général , est composée de quatre substances principales, qu'on appelle *Elémens* ; la terre , l'eau , l'air & le feu, entrent tous quatre en plus ou moins grande quantité dans la composition de toutes les matieres particulieres ; celles où la terre & l'eau dominent seront fixes , & ne pourront devenir que volatiles par l'action de la chaleur ; celles au contraire qui contiennent beaucoup d'air & de feu , seront les seules vraiment combustibles. La grande difficulté qu'il y ait ici , c'est de concevoir nettement

comment l'air & le feu, tous deux si volatils, peuvent se fixer & devenir parties constituantes de tous les corps ; car nous prouverons que quoiqu'il y ait une plus grande quantité d'air & de feu fixes dans les matieres combustibles, & qu'ils y soient combinés d'une maniere différente que dans les autres matieres, toutes néanmoins contiennent une quantité considérable de ces deux élémens ; & que les matieres les plus fixes & les moins combustibles, sont celles qui retiennent ces élémens fugitifs avec le plus de force. Le fameux Phlogistique des Chimistes (être de leur méthode plutôt que de la Nature), n'est pas un principe simple & identique, comme ils nous le présentent ; c'est un composé, un produit de l'alliage, un résultat de la combinaison des deux élémens, de l'air & du feu fixés dans le corps. Sans nous arrêter donc sur les idées obscures & incomplètes que pourroit nous fournir la considération de cet être précaire, tenons-nous-en à celle de nos quatre élémens réels, auxquels les Chimistes, avec tous leurs nouveaux principes, seront toujours forcés de revenir ultérieurement.

Nous voyons clairement que le feu en absorbant de l'air en détruit le ressort. Or, il n'y a que deux manieres de détruire un ressort, la premiere en le comprimant assez pour le rompre, la seconde en l'étendant assez pour qu'il soit sans effet. Ce n'est pas de la premiere maniere dont le feu peut détruire le ressort de l'air ; puisque le moindre degré de chaleur le raréfie, que cette

raréfaction augmente avec elle, & que l'expérience nous apprend qu'à une très forte chaleur, la raréfaction de l'air est si grande, qu'il occupe alors un espace treize fois plus étendu, que celui de son volume ordinaire; le ressort dès-lors en est d'autant plus foible, & c'est dans cet état qu'il peut devenir fixe & s'unir sans résistance sous cette nouvelle forme avec les autres corps. On entend bien que cet air transformé & fixé n'est point du tout le même que celui qui se trouve dispersé, disséminé dans la plupart des matieres, & qui conserve dans leurs pores sa nature entière; celui-ci ne leur est que mélangé & non pas uni; il ne leur tient que par une très foible adhérence; au lieu que l'autre leur est si étroitement attaché, si intimément incorporé, que souvent on ne peu l'en séparer

Nous voyons de même que la lumière, en tombant sur les corps, n'est pas, à beaucoup près, entièrement réfléchie, qu'il en reste en grande quantité dans la petite épaisseur de la surface qu'elle frappe: que par conséquent elle y perd son mouvement, s'y éteint, s'y fixe & devient dès-lors partie constituante de tout ce qu'elle pénètre. Ajoutez à cet air, à cette lumière, transformés & fixés dans les corps, & qui peuvent être en quantité variable; ajoutez-y, dis-je, la quantité constante du feu que toutes matieres, de quelque espèce que ce soit, possède également: cette quantité constante de feu ou de chaleur actuelle du globe de la terre, dont la somme est bien plus grande

que celle de la chaleur qui nous vient du soleil, me paroît être non-seulement un des grands ressorts du mécanisme de la Nature, mais en même temps un élément dont toute la matiere du globe est pénétrée; c'est le feu élémentaire qui, quoique toujours en mouvement expansif, doit par sa longue résidence dans la matiere, & par son choc contre ses parties fixes, s'unir, s'incorporer avec elles, & s'éteindre par parties comme le fait la lumiere (o).

Si nous considérons plus particulièrement la nature des matieres combustibles, nous verrons que toutes proviennent originairement des végétaux, des animaux, des êtres en un mot, qui sont placés à la surface du globe que le soleil éclaire, échauffe & vivifie; les bois, les charbons, les tourbes, les bitumes, les résines, les huiles, les graisses, les suifs qui sont les vraies matieres combustibles, puisque toutes les autres ne le sont qu'autant qu'elles en contiennent, ne proviennent-ils pas tous des corps organisés ou de leurs détrimens? le bois & même

(o) Ceci même pourroit se prouver par une expérience qui mériteroit d'être poussée plus loin. J'ai recueilli sur un miroir ardent par réflexion, une assez forte chaleur sans aucune lumiere, au moyen d'une plaque de tôle mise entre le brasier & le miroir; une partie de la chaleur s'est réfléchië au foyer du miroir, tandis que tout le reste de la chaleur l'a pénétré; mais je n'ai pu m'assurer si l'augmentation de chaleur dans la matiere du miroir, n'étoit pas aussi grande que s'il n'en eût pas réfléchi.

le charbon ordinaire, les graisses, les huiles par expression, la cire & le suif, ne sont que des substances extraites immédiatement des végétaux & des animaux; les tourbes, les charbons fossiles, les succins, les bitumes liquides ou concrets, sont des produits de leur mélange & de leur décomposition, dont les détrimens ultérieurs forment les soufres & les parties combustibles du fer, du zinc, des pyrites & de tous les minéraux que l'on peut enflammer. Je sens que cette dernière assertion ne sera pas admise, & pourra même être rejetée, surtout par ceux qui n'ont étudié la Nature que par la voie de la chimie; mais je les prie de considérer que leur méthode n'est pas celle de la Nature, qu'elle ne pourra le devenir ou même s'en approcher qu'autant qu'elle s'accordera avec la saine physique, autant qu'on en bannira, non-seulement les expressions obscures & techniques, mais surtout les principes précaires, les êtres fictifs auxquels on fait jouer le plus grand rôle, sans néanmoins les connaître. Le soufre *en chimie*, n'est que le composé de l'acide vitriolique & du phlogistique; quelle apparence y a-t-il donc qu'il puisse, comme les autres matières combustibles, tirer son origine du détriment des végétaux ou des animaux? A cela je réponds, même en admettant cette définition chimique, que l'acide vitriolique, & en général tous les acides, tous les alkalis sont moins des substances de la Nature que des produits de l'art. La Nature forme des sels & du soufre, elle emploie à leur compo-

tion, comme à celle de toutes les autres substances, les quatre élémens; beaucoup de terre & d'eau, un peu d'air & de feu entrent en quantité variable dans chaque différente substance saline; moins de terre & d'eau, & beaucoup plus d'air & de feu, semblent entrer dans la composition du soufre. Les sels & les soufres doivent donc être regardés comme des êtres de la Nature dont on extrait, par le secours de l'art de la chimie, & par le moyen du feu, les différens acides qu'ils contiennent; & puisque nous avons employé le feu, & par conséquent de l'air & des matieres combustibles pour extraire ces acides, pouvons-nous douter qu'ils n'aient retenu, & qu'ils ne contiennent réellement des parties de matiere combustible qui y seront entrées pendant l'extraction?

Le phlogistique est encore bien moins que l'acide, un être naturel, ce ne seroit même qu'un être de raison, si on ne le regardoit pas comme un composé d'air & de feu devenu fixe & inhérent aux autres corps. Le soufre peut en effet contenir beaucoup de ce phlogistique, beaucoup aussi d'acide vitriolique; mais il a, comme toute autre matiere, & sa terre & son eau; d'ailleurs son origine indique qu'il faut une grande consommation de matieres combustibles pour sa production; il se trouve dans les volcans, & il semble que la Nature ne le produise que par effort & par le moyen du plus grand feu; tout concourt donc à nous prouver qu'il est de la même nature que les autres matieres combustibles, & que par conséquent

il tire, comme elles, sa première origine du détriment des êtres organisés.

Mais je vais plus loin : les acides eux-mêmes viennent en grande partie de la décomposition des substances animales ou végétales, & contiennent en conséquence des principes de la combustion. Prenons pour exemple le salpêtre, ne doit-il pas son origine à ces matières ? n'est-il pas formé par la putréfaction des végétaux, ainsi que des urines & des excréments des animaux ? il me semble que l'expérience le démontre, puisqu'on ne cherche, on ne trouve le salpêtre que dans les habitations où l'homme & les animaux ont long-temps résidé ; & puisqu'il est immédiatement formé du détriment des substances animales & végétales, ne doit-il pas contenir une prodigieuse quantité d'air & de feu fixes ? aussi en contient-il beaucoup, & même beaucoup plus que le soufre, le charbon, l'huile, &c. Toutes ces matières combustibles ont besoin, comme nous l'avons dit, du secours de l'air pour brûler, & se consomment d'autant plus vite, qu'elles en reçoivent en plus grande quantité ; le salpêtre n'en a pas besoin dès qu'il est mêlé avec quelques-unes de ces matières combustibles, il semble porter en lui-même le réservoir de tout l'air nécessaire à sa combustion : en le faisant détonner lentement, on le voit souffler son propre feu, comme le feroit un soufflet étranger ; en le renfermant le plus étroitement, son feu, loin de s'éteindre, n'en prend que plus de force & produit les explosions terribles, sur lesquelles

sont fondés nos arts meurtriers. Cette combustion si prompte est en même temps si complète, qu'il ne reste presque rien après l'inflammation; tandis que toutes les autres matières enflammées laissent des cendres ou d'autres résidus qui démontrent que leur combustion n'est pas entière, ou, ce qui revient au même, qu'elles contiennent un assez grand nombre de parties fixes qui ne peuvent ni se brûler ni même se volatiliser. On peut de même démontrer que l'acide vitriolique contient aussi beaucoup d'air & de feu fixes, quoiqu'en moindre quantité, que l'acide nitreux; & dès-lors il tire, comme celui-ci, son origine de la même source; & le soufre dans la composition duquel cet acide entre si abondamment, tire des animaux & des végétaux, tous les principes de sa combustibilité.

Le phosphore artificiel, qui est le premier dans l'ordre des matières combustibles, & dont l'acide est différent de l'acide nitreux & de l'acide vitriolique, ne se tire aussi que du règne animal, ou si l'on veut; en partie du règne végétal élaboré dans les animaux, c'est-à-dire, des deux sources de toute matière combustible. Le phosphore s'enflamme de lui-même, c'est-à-dire, sans communication de matière ignée, sans frottement, sans autre addition que celle du contact de l'air: autre preuve de la nécessité de cet élément pour la combustion même d'une matière qui ne paroît être composée que du feu. Nous démontrerons dans la suite que l'air est contenu dans l'eau sous une forme moyenne.

ne, entre l'état d'élasticité & celui de fixité; le feu paroît être dans le phosphore à-peu-près dans ce même état moyen; car de même que l'air se dégage de l'eau dès que l'on diminue la pression de l'atmosphère, le feu se dégage du phosphore lorsqu'on fait cesser la pression de l'eau, où l'on est obligé de le tenir submergé pour pouvoir le garder & empêcher son feu de s'exalter. Le phosphore semble contenir cet élément sous une forme obscure & condensée, & il paroît être pour le feu obscur ce qu'est le miroir ardent pour le feu lumineux, c'est-à-dire un moyen de condensation.

Mais sans nous soutenir plus long-temps à la hauteur de ces considérations générales, auxquelles je pourrai revenir lorsqu'il sera nécessaire, suivons d'une manière plus directe & plus particulière l'examen du feu; tâchons de saisir ses effets, & de les présenter sous un point de vue plus fixe, qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

L'action du feu, sur les différentes substances, dépend beaucoup de la manière dont on l'applique; & le produit de son action sur une même substance paroîtra différent, selon la façon dont il est administré. J'ai pensé qu'on devoit considérer le feu dans trois états différens, le premier relatif à sa vitesse, le second à son volume, & le troisième à sa masse; sous chacun de ces points de vue, cet élément si simple, si uniforme en apparence, paroîtra pour ainsi dire, un élément différent. On augmente la vitesse du feu sans en augmenter le volume apparent,

toutes les fois que dans un espace donné & rempli de matieres combustibles, on presse l'action & le développement du feu en augmentant la vîtesse de l'air par des soufflets, des trompes, des ventilateurs, des tuyaux d'aspiration, &c. qui tous accélèrent plus ou moins la rapidité de l'air dirigé sur le feu; ce qui comprend, comme l'on voit, tous les instrumens, tous les fourneaux à vent, depuis les grands fourneaux de forges jusqu'à la lampe des émailleurs.

On augmente l'action du feu par son volume routes les fois qu'on accumule une grande quantité de matieres combustibles, & qu'on en fait rouler la chaleur & la flamme dans des fourneaux de réverbère; ce qui comprend, comme l'on fait, les fourneaux de nos manufactures de glaces, de cristal, de verre, de porcelaine, de poterie, & aussi ceux où l'on fond tous les métaux & les minéraux à l'exception du fer; le feu agit ici par son volume, & n'a que sa propre vîtesse puisqu'on n'en augmente pas la rapidité, par des soufflets ou d'autres instrumens qui portent l'air sur le feu. Il est vrai que la forme des *tisards*, c'est-à-dire des ouvertures principales, par où ces fourneaux tirent l'air, contribue à l'attirer plus puissamment qu'il ne le feroit en espace libre; mais cette augmentation de vîtesse est très peu considérable en comparaison de la grande rapidité que lui donnent les soufflets; par ce dernier procédé on accélère l'action du feu qu'on aiguise par l'air autant qu'il est possible; par l'autre pro-

cédé on l'augmente en concentrant sa flamme en grand volume.

Il y a , comme l'on voit , plusieurs moyens d'augmenter l'action du feu , soit qu'on veuille le faire agir par sa vitesse ou par son volume ; mais il n'y en a qu'un seul par lequel on puisse augmenter sa masse , c'est de le réunir au foyer d'un miroir ardent. Lorsqu'on reçoit sur un miroir réfringent ou réflexif les rayons du soleil , ou même ceux d'un feu bien allumé , on les réunit dans un espace d'autant moindre , que le miroir est plus grand & le foyer plus court. Par exemple , avec un miroir de quatre pieds de diamètre & d'un pouce de foyer , il est clair que la quantité de lumière ou de feu qui tombe sur le miroir de quatre pieds se trouvant réunie dans l'espace d'un pouce , seroit deux mille trois cent quatre fois plus dense qu'elle ne l'étoit , si toute la matiere incidente arrivoit sans perte à ce foyer. Nous verrons ailleurs ce qui s'en perd effectivement ; mais il nous suffit ici de faire sentir que quand même cette perte seroit des deux tiers ou des trois quarts , la masse du feu concentré au foyer de ce miroir , fera toujours six ou sept cent fois plus dense qu'elle ne l'étoit à la surface du miroir. Ici , comme dans tous les autres cas , la masse accroît par la contraction du volume ; & le feu dont on augmente ainsi la densité , a toutes les propriétés d'une masse de matiere ; car indépendamment de l'action de la chaleur par laquelle il pénètre les corps , il les pousse &

les déplace, comme le feroit un corps solide en mouvement qui en choqueroit un autre. On pourra donc augmenter par ce moyen la densité ou la masse du feu, d'autant plus qu'on perfectionnera davantage la construction des miroirs ardents.

Or, chacune de ces trois manieres d'administrer le feu & d'en augmenter ou la vitesse, ou le volume, ou la masse, produit sur les mêmes substances des effets souvent très différens; on calcine par l'un de ces moyens ce que l'on fond par l'autre, on volatilise par le dernier ce qui paroît réfractaire au premier; en sorte que la même matiere donne des résultats si peu semblables, qu'on ne peut compter sur rien, à moins qu'on ne la travaille en même temps ou successivement par ces trois moyens ou procédés que nous venons d'indiquer; ce qui est une route plus longue, mais la seule qui puisse nous conduire à la connoissance exacte de tous les rapports que les diverses substances peuvent avoir avec l'élément du feu. Et de la même maniere que je divise en trois procédés généraux l'administration de cet élément, je divise de même en trois classes toutes les matieres que l'on peut soumettre à son action. Je mets à part, pour un moment, celles qui sont purement combustibles & qui proviennent immédiatement des animaux & des végétaux; & je divise toutes les matieres minérales en trois classes relativement à l'action du feu: la premiere est celle des matieres, que cette action long-temps continuée

rend plus légères, comme le fer; la seconde, celle des matières que cette même action du feu rend plus pesantes, comme le plomb; & la troisième classe est celle des matières sur lesquelles, comme sur l'or, cette action du feu ne paroît produire aucun effet sensible, puisqu'elle n'altère point leur pesanteur; toutes les matières existantes & possibles, c'est-à-dire, toutes les substances simples & composées, seront nécessairement comprises dans l'une de ces trois classes. Ces expériences par les trois procédés, qui ne sont pas difficiles à faire, & qui ne demandent que de l'exactitude & du temps, pourroient nous découvrir plusieurs choses utiles, & seroient très nécessaires pour fonder sur des principes réels la théorie de la Chimie; cette belle science jusqu'à nos jours n'a porté que sur une nomenclature précaire, & sur des mots d'autant plus vagues, qu'ils sont plus généraux. Le feu étant, pour ainsi dire, le seul instrument de cet art, & sa nature n'étant point connue, non plus que ses rapports avec les autres corps, on ne sait ni ce qu'il y met ni ce qu'il en ôte; on travaille donc à l'aveugle, & l'on ne peut arriver qu'à des résultats obscurs, que l'on rend encore plus obscurs en les érigeant en principes. Le phlogistique, le minéralisateur, l'acide, l'alkali, &c. ne sont que des termes créés par la méthode, dont les définitions sont adoptées par convention, & ne répondent à aucune idée claire & précise, ni même à aucun être réel. Tant que nous ne connoissons pas mieux

la nature du feu , tant que nous ignorerons ce qu'il ôte ou donne aux matieres qu'on soumet à son action , il ne sera pas possible de prononcer sur la nature de ces mêmes matieres d'après les opérations de la chimie ; puisque chaque matiere à laquelle le feu ôte ou donne quelque chose , n'est plus la substance simple que l'on voudroit connoître , mais une matiere composée & mélangée , ou dénaturée par l'addition ou la soustraction d'autres matieres que le feu en enlève ou y fait entrer.

Prenons pour exemple de cette addition & de cette soustraction , le plomb & le marbre ; par la simple calcination l'on augmente le poids du plomb de près d'un quart , & l'on diminue celui du marbre de près de moitié ; il y a donc un quart de matiere inconnue que le feu donne au premier , & une moitié d'autre matiere également inconnue qu'il enlève au second. Tous les raisonnemens de la chimie ne nous ont pas démontré jusqu'ici , ce que c'est que cette matiere donnée ou enlevée par le feu ; & il est évident que lorsqu'on travaille sur le plomb & sur le marbre après leur calcination , ce ne sont plus ces matieres simples que l'on traite , mais d'autres matieres dénaturées & composées par l'action du feu. Ne seroit-il donc pas nécessaire avant tout , de procéder d'après les vues que je viens d'indiquer , de voir d'abord sous un même coup-d'œil toutes les matieres que le feu ne change ni n'altère , ensuite celles que le feu détruit ou diminue , & enfin celles qu'il au-

gmente & compose en s'incorporant avec elles ?

Mais examinons de plus près la nature du feu considéré en lui-même. Puisque c'est une substance matérielle, il doit être sujet à la loi générale à laquelle toute matière est soumise, il est le moins pesant de tous les corps, mais cependant il pèse ; & quoique ce que nous avons dit précédemment fût pour le prouver évidemment, nous le démontrerons encore par des expériences palpables, & que tout le monde fera en état de répéter aisément. On pourroit d'abord soupçonner par la pesanteur réciproque des astres, que le feu en grande masse est pesant, ainsi que toute autre matière ; car les astres qui sont lumineux comme le soleil, dont toute la substance paroît être de feu, n'en exercent pas moins leur force d'attraction à l'égard des astres qui ne le sont pas : mais nous démontrerons que le feu même en très petit volume est réellement pesant, qu'il obéit comme toute autre matière à la loi générale de la pesanteur, & que par conséquent il doit avoir, de même, des rapports d'affinités avec les autres corps, en avoir plus ou moins avec telle ou telle substance, & n'en avoir que peu ou point du tout avec beaucoup d'autres. Toutes celles qu'il rendra plus pesantes comme le plomb, seront celles avec lesquelles il aura le plus d'affinité ; & en le supposant appliqué au même degré & pendant un temps égal, celles de ces matières qui gagneront le plus en pesanteur, seront aussi celles

celles avec lesquelles cette affinité fera la plus grande. Un des effets de cette affinité dans chaque matière, est de retenir la substance même du feu, & de se l'incorporer; & cette incorporation suppose que non-seulement le feu perd sa chaleur & son élasticité, mais même tout son mouvement, puisqu'il se fixe dans ces corps & en devient partie constituante. Il y a donc lieu de croire qu'il en est du feu comme de l'air qui se trouve sous une forme fixe & concrète dans presque tous les corps; & l'on peut espérer qu'à l'exemple du docteur Hales (*p*), qui a su dégager cet air fixé dans tous les corps & en évaluer la quantité, il viendra quelque jour un Physicien habile qui trouvera les moyens de distraire le feu de toutes les matières où il se trouve sous une forme fixe; mais il faut auparavant faire la table de ces matières, en établissant par l'expérience les différens rapports dans lesquels le feu se combine avec toutes les substances qui lui sont analogues, & se fixe en plus ou moins grande quantité, selon que ces substances ont plus ou moins de force pour le retenir.

Car il est évident que toutes les matie-

(*p*) Le phosphore, qui n'est, pour ainsi dire, qu'une matière ignée, une substance qui conserve & condense le feu, seroit le premier objet des expériences qu'il faudroit faire pour traiter le feu comme M. Hales a traité l'air, & le premier instrument qu'il faudroit employer pour ce nouvel art.

res dont la pesanteur augmente par l'action du feu, sont douées d'une force attractive, telle que son effet est supérieur à celui de la force expansive, dont les particules du feu sont animées; puisque celle-ci s'amortit & s'éteint, que son mouvement cesse, & que d'élastiques & fugitives qu'étoient ces particules ignées, elles deviennent fixes, solides & prennent une forme concrète. Ainsi les matieres qui augmentent de poids par le feu, comme l'étain, le plomb, les fleurs de zinc, &c. & toutes les autres qu'on pourra découvrir, sont des substances qui, par leur affinité avec le feu, l'attirent & se l'incorporent. Toutes les matieres au contraire qui, comme le fer, le cuivre, &c. deviennent plus légères à mesure qu'on les calcine, sont des substances dont la force attractive, relativement aux particules ignées, est moindre que la force expansive du feu; & c'est ce qui fait que le feu, au lieu de se fixer dans ces matieres, en enlève au contraire, & en chasse les parties les moins liées qui ne peuvent résister à son impulsions. Enfin celles qui, comme l'or, la platine, l'argent, le grès, &c. ne perdent ni n'acquièrent par l'application du feu, & qu'il ne fait, pour ainsi dire, que traverser sans en rien enlever & sans y rien laisser, sont des substances qui, n'ayant aucune affinité avec le feu, & ne pouvant se joindre avec lui, ne peuvent par conséquent ni le retenir ni l'accompagner en se laissant enlever. Il est évident que les matieres des deux premières classes, ont avec le feu un cer-

tain degré d'affinité , puisque celles de la seconde classe se chargent du feu qu'elles retiennent , & que le feu se charge de celles de la première classe & qu'il les emporte ; au lieu que les matières de la troisième classe auxquelles il ne donne ni n'ôte rien , n'ont aucun rapport d'affinité ou d'attraction avec lui , & sont , pour ainsi dire , indifférentes à son action , qui ne peut ni les dénaturer ni même les altérer.

Cette division de toutes les matières en trois classes relatives à l'action du feu , n'exclut pas la division plus particulière & moins absolue de toutes les matières en deux autres classes , qu'on a jusqu'ici regardées comme relatives à leur propre nature , qui , dit-on , est toujours vitrescible ou calcaire. Notre nouvelle division n'est qu'un point de vue plus élevé sous lequel il faut les considérer pour tâcher d'en déduire la connaissance même de l'agent qu'on emploie par les différens rapports que le feu peut avoir avec toutes les substances auxquelles on l'applique ; faute de combiner ces rapports , ainsi que les moyens qu'on emploie pour appliquer le feu , je vois qu'on tombe tous les jours dans des contradictions apparentes , & même dans des erreurs très-préjudiciables (q).

(q) Je vais en donner un exemple récent. Deux habiles Chimistes (MM. Pott & d'Arcet) ont soumis un grand nombre de substances à l'action du feu ; le pre-

On pourroit donc dire avec les Naturalistes, que tout est vitrescible dans la Nature, à l'exception de ce qui est calcaire;

mier s'est servi d'un fourneau que je suis étonné que le second n'ait point entendu, puisque rien ne m'a paru si clair dans tout l'ouvrage de M. Pott, & qu'il ne faut qu'un coup-d'œil sur la planche gravée de ce fourneau pour reconnoître que par sa construction il peut, quoique sans soufflets, faire à-peu-près autant d'effet que s'il en étoit garni; car au moyen des longs tuyaux qui sont adaptés au fourneau par le haut & par le bas, l'air y arrive & circule avec une rapidité d'autant plus grande, que les tuyaux sont mieux proportionnés; ce sont des soufflets constans & dont on peut augmenter l'effet à volonté. Cette construction est si bonne & si simple, que je ne puis concevoir que M. d'Arcet dise *que ce fourneau est un problème pour lui... qu'il est persuadé que M. Pott a dû se servir de soufflets*, &c: tandis qu'il est évident que son fourneau équivaloit par sa construction à l'action des soufflets, & que par conséquent il n'avoit pas besoin d'y avoir recours; que d'ailleurs ce fourneau est encore exempt du vice que M. d'Arcet reproche aux soufflets, dont il a raison de dire que *l'action alterne, sans cesse renaissante & expirante, jette du trouble & de l'inégalité sur celle du feu*; ce qui ne peut arriver ici, puisque par la construction du fourneau l'on voit évidemment que le renouvellement de l'air est constant, & que son action ne renaît ni n'expire, mais est continue & toujours uniforme: ainsi M. Pott a employé l'un des moyens dont on se doit servir pour appliquer le feu, c'est-à-dire, un moyen par lequel, comme par les soufflets, on augmente la vitesse du feu en le pressant incessamment par un air toujours renouvelé; & toutes les fusions qu'il a faites par ce moyen, & dont j'ai répété quelques-unes, comme celle du grès, du quartz, &c, sont très réelles, quoique M. d'Arcet les nie: car pourquoi les nie-t-il? c'est que de son côté, au lieu d'employer comme M. Pott le premier de nos procédés

que les quartz , les cristaux , les pierres précieuses , les cailloux , les grès , les granites , porphyres , agates , ardoises , gyp-

dés généraux , c'est-à-dire , le feu par sa vitesse accélérée autant qu'il est possible par le mouvement rapide de l'air , moyen par lequel il eût obtenu les mêmes résultats , il s'est servi du second procédé , & n'a employé que le feu en grand volume dans un fourneau , sans soufflets ou sans équivalent , dans lequel par conséquent le feu ne devoit pas produire les mêmes effets , mais devoit en donner d'autres que par la même raison le premier procédé ne pouvoit pas produire ; ainsi les contradictions entre les résultats de ces deux habiles Chimistes , ne sont qu'apparentes & fondées sur deux erreurs évidentes. La première consiste à croire que le feu le plus violent est celui qui est en plus grand volume ; & la seconde , que l'on doit obtenir du feu violent les mêmes résultats , de quelque manière qu'on l'applique : cependant ces deux idées sont fausses ; la considération des vérités contraires est encore une des premières pierres qu'il faudroit poser aux fondemens de la Chimie ; car ne seroit-il pas très nécessaire avant tout , & pour éviter de pareilles contradictions à l'avenir , que les Chimistes ne perdissent pas de vue qu'il y a trois moyens généraux & très différens l'un de l'autre , d'appliquer le feu violent : le premier , comme je l'ai dit , par lequel on n'emploie qu'un petit volume de feu , mais que l'on agite , aiguise , exalte au plus haut degré par la vitesse de l'air , soit par des soufflets , soit par un fourneau semblable à celui de M. Pott , qui tire l'air avec rapidité : on voit par l'effet de la lampe d'Emailleur , qu'avec une quantité de feu presque infiniment petite , on fait de plus grands effets en petit , que le fourneau de verrerie ne peut en faire en grand. Le second moyen est d'appliquer le feu , non pas en petit , mais en très grande quantité , comme on le fait dans les fourneaux de porcelaine & de verrerie , où le feu n'est fort que par son volume , où son action est tranquille , & n'est pas exaltée par un renouvellement très

ses, argiles, les pierres ponce, les laves, les amiantes avec tous les métaux & autres minéraux, sont vitrifiables par le feu de

rapide de l'air. Le troisième moyen est d'appliquer le feu en très petit volume, mais en augmentant sa masse & son intensité au point de le rendre plus fort que par le second moyen, & plus violent que par le premier; & ce moyen de concentrer le feu & d'en augmenter la masse par les miroirs ardents, est encore le plus puissant de tous.

Or chacun de ces trois moyens doit fournir un certain nombre de résultats différens; si par le premier moyen on fond & vitrifie telles & telles matières, il est très possible que par le second moyen on ne puisse vitrifier ces mêmes matières, & qu'au contraire on en puisse fondre d'autres qui n'ont pu l'être par le premier moyen; & enfin il est tout aussi possible que par le troisième moyen on obtienne encore plusieurs résultats semblables ou différens de ceux qu'ont fournis les deux premiers moyens. Dès-lors un chimiste qui, comme M. Pott n'emploie que le premier moyen, doit se borner à donner les résultats fournis par ce moyen, faire, comme il l'a fait, l'énumération des matières qu'il a fondues, mais ne pas prononcer sur la non-fusibilité des autres, parce qu'elles peuvent l'être par le second ou le troisième moyen; enfin, ne pas dire affirmativement & exclusivement, en parlant de son fourneau, *qu'en une heure de temps ou deux heures tout au plus, il met en fonte tout ce qui est fusible dans la Nature.* Et par la même raison un autre Chimiste qui, comme M. d'Arcet, ne s'est servi que du second moyen, tombe dans l'erreur s'il se croit en contradiction avec celui qui ne s'est servi que du premier moyen, & cela parce qu'il n'a pu fondre plusieurs matières que l'autre a fait couler, & qu'au contraire il a mis en fusion d'autres matières que le premier n'avoit pu fondre; car si l'un ou l'autre se fût avisé d'employer successivement les deux moyens, il auroit bien senti qu'il n'étoit point en contradiction avec lui-même, & que la différence

nos fourneaux ou par celui des miroirs ardents ; tandis que les marbres, les albâtres, les pierres, les craies, les marnes ,

des résultats ne provenoit que de la différence des moyens employés. Que résulte-t-il donc de réel de tout ceci , sinon qu'il faut ajouter à la liste des matières fondues par M. Pott, celles de M. d'Arcet, & se souvenir seulement que pour fondre les premières, il faut le premier moyen, & le second pour fondre les autres ? Il n'y a par conséquent aucune contradiction entre les expériences de M. Pott & celles de M. d'Arcet, que je crois également bonnes ; mais tous deux, après cette conciliation, autoient encore tort de conclure qu'ils ont fondu par ces deux moyens tout ce qui est fusible dans la Nature, puisque l'on peut démontrer que par le troisième moyen, c'est-à-dire, par les miroirs ardents, on fond & vitrifie, on volatilise & même on brûle quelques matières qui leur ont également paru fixes & réfractaires au feu de leurs fourneaux. Je ne m'arrêterai pas sur plusieurs choses de détail, qui cependant mériteroient animadversion, parce qu'il est toujours utile de ne pas laisser germer des idées erronées ou des faits mal vus & dont on peut tirer de fausses conséquences. M. d'Arcet dit qu'il a remarqué constamment que la flamme fait plus d'effet que le feu de charbon : oui sans doute, si ce feu n'est pas excité par le vent ; mais toutes les fois que le charbon ardent sera vivifié par un air rapide, il y aura de la flamme qui sera plus active, & produira de bien plus grands effets que la flamme tranquille. De même, lorsqu'il dit que les fourneaux donnent de la chaleur en raison de leur épaisseur, cela ne peut être vrai que dans le seul cas où les fourneaux étant supposés égaux, le feu qu'ils contiennent, seroit en même temps animé par deux courans d'air égaux en volume & en rapidité ; la violence du feu dépend presque en entier de cette rapidité du courant de l'air qui l'anime, je puis le démontrer par ma propre expérience : j'ai vu le grès que M. d'Arcet croit infusible, couler & se couvrir

& les autres substances qui proviennent du détriment des coquilles & des madrépores , ne peuvent se réduire en fusion par ces moyens. Cependant je suis persuadé que si l'on vient à bout d'augmenter encore la force des fourneaux , & surtout la puissance des miroirs ardents , on arrivera au point de faire fondre ces matieres calcaires qui paroissent être d'une nature différente de celle des autres ; puisqu'il y a mille & mille raisons de croire qu'au fond , leur substance est la même , & que le verre est la base commune de toutes les matieres terrestres.

Par les expériences que j'ai pu faire moi-même pour comparer la force du feu selon qu'on emploie ou sa vitesse , ou son volume , ou sa masse , j'ai trouvé que le feu des plus grands & des plus puissans fourneaux de verrerie , n'est qu'un feu foible en comparaison de celui des fourneaux à soufflets , & que le feu produit au foyer d'un bon miroir ardent , est encore plus fort que celui des plus grands fourneaux de forge. J'ai tenu pendant trente-six heures dans l'endroit le plus chaud du fourneau de Rouelle en Bourgogne , où l'on fait des glaces aussi grandes & aussi belles qu'à Saint-Gobin en Picardie , & où le feu est aussi violent ; j'ai tenu , dis-

d'émail par le moyen de deux bons soufflets , mais sans le secours d'aucun fourneau & à feu ouvert. L'effet des fourneaux épais n'est pas d'augmenter la chaleur , mais de la conserver , & ils la conservent d'autant plus long-temps qu'ils sont plus épais.

je , pendant trente-fix heures à ce feu , de la mine de fer sans qu'elle se soit fondue , ni agglutinée , ni même altérée en aucune manière ; tandis qu'en moins de douze heures cette mine coule en fonte dans les fourneaux de ma forge : ainsi ce dernier feu est bien supérieur à l'autre. De même j'ai fondu ou volatilisé au miroir ardent plusieurs matières que ni le feu des fourneaux de réverbère , ni celui des plus puissans soufflets , n'avoit pu fondre , & je me suis convaincu que ce dernier moyen est le plus puissant de tous : mais je renvoie à la partie expérimentale de mon ouvrage , le détail de ces expériences importantes , dont je me contente d'indiquer ici le résultat général.

On croit vulgairement que la flamme est la partie la plus chaude du feu ; cependant rien n'est plus mal fondé que cette opinion , car on peut démontrer le contraire par les expériences les plus aisées & les plus familières. Présentez à un feu de paille ou même à la flamme d'un fagot qu'on vient d'allumer, un linge pour le sécher ou le chauffer , il vous faudra le double & le triple du temps pour lui donner le degré de sécheresse ou de chaleur que vous lui donnerez en l'exposant à un brasier sans flamme ou même à un poêle bien chaud. La flamme a été très bien caractérisée par Newton lorsqu'il l'a définie une fumée brûlante (*flamma est fumus candens*) ; & cette fumée ou vapeur qui brûle , n'a jamais la même quantité , la même intensité de chaleur que le corps combustible duquel

elle s'échappe ; seulement en s'élevant & s'étendant au loin elle a la propriété de communiquer le feu & de le porter plus loin que ne s'étend la chaleur du brafier , qui seule ne fuffiroit pas pour le communiquer même de près.

Cette communication du feu mérite une attention particuliere. J'ai vu , après y avoir réfléchi , que pour la bien entendre , il falloit s'aider non-seulement des faits qui paroissent y avoir rapport , mais encore de quelques expériences nouvelles dont le succès ne me paroît laisser aucun doute sur la maniere dont se fait cette opération de la Nature. Qu'on reçoive dans un moule deux ou trois milliers de fer au sortir du fourneau , ce métal perd en peu de temps son incandescence , & cesse d'être rouge après une heure ou deux , suivant l'épaisseur plus ou moins grande du lingot. Si dans ce moment qu'il cesse de nous paroître rouge , on le tire du moule , les parties inférieures seront encore rouges , mais perdront cette couleur en peu de temps. Or , tant que le rouge subsiste on pourra enflammer , allumer les matieres combustibles qu'on appliquera sur ce lingot ; mais dès qu'il a perdu cet état d'incandescence , il y a des matieres en grand nombre qu'il ne peut plus enflammer ; & cependant la chaleur qu'il répand est peut-être cent fois plus grande que celle d'un feu de paille qui néanmoins communiqueroit l'inflammation à toutes ces matieres. Cela m'a fait penser que la flamme étant nécessaire

à la communication du feu, il y avoit de la flamme dans toute incandescence : la couleur rouge semble en effet nous l'indiquer ; mais par l'habitude où l'on est de ne regarder comme flamme que cette matiere légère qu'agite & qu'emporte l'air, on n'a pas pensé qu'il pouvoit y avoir de la flamme assez dense pour ne pas obéir comme la flamme commune à l'impulsion de l'air ; & c'est ce que j'ai voulu vérifier par quelques expériences, en approchant par degrés de ligne & de demi-ligne, des matieres combustibles près de la surface du métal en incandescence & dans l'état qui suit l'incandescence (r).

Je suis donc convaincu que les matieres incombustibles & même les plus fixes, telles que l'or & l'argent, sont, dans l'état d'incandescence, environnées d'une flamme dense qui ne s'étend qu'à une très petite distance, & qui, pour ainsi dire, est attachée à leur surface ; & je conçois aisément que quand la flamme devient dense à un certain degré, elle cesse d'obéir à la fluctuation de l'air. Cette couleur blanche ou rouge qui sort de tous les corps en incandescence & vient frapper nos yeux, est l'évaporation de cette flamme dense qui environne le corps en se renouvelant incessamment à sa surface ; & la lumiere du soleil même n'est-elle pas l'évaporation de cette flamme dense dont brille

(r) Voyez le détail de ces expériences dans la partie expérimentale de cet Ouvrage.

sa surface avec si grand éclat ? cette lumière ne produit-elle pas , lorsqu'on la condense , les mêmes effets que la flamme la plus vive ? ne communique-t-elle pas le feu avec autant de promptitude & d'énergie ? ne résiste-t-elle pas comme notre flamme dense à l'impulsion de l'air ? ne suit-elle pas toujours une route directe que le mouvement de l'air ne peut ni contrarier ni changer ? puisqu'en soufflant , comme je l'ai éprouvé , avec un fort soufflet sur le cône lumineux d'un miroir ardent , on ne diminue point du tout l'action de la lumière dont il est composé , & qu'on doit la regarder comme une vraie flamme plus pure & plus dense que toutes les flammes de nos matières combustibles.

C'est donc par la lumière que le feu se communique , & la chaleur seule ne peut produire le même effet que quand elle devient assez forte pour être lumineuse. Les métaux , les cailloux , les grès , les briques , les pierres calcaires , quel que puisse être leur degré différent de chaleur , ne pourront enflammer deux corps que quand ils seront devenus lumineux. L'eau elle-même , cet élément destructeur du feu , & par lequel seul nous pouvons en empêcher la communication , le communique néanmoins lorsque dans un vaisseau bien fermé , tel que celui de la marmite de *Papin* (s) , on la pénètre

(s) Dans le *Digesteur* de *Papin* , la chaleur de l'eau est portée au point de fondre le plomb & l'étain qu'on y a suspendu avec du fil de fer ou de laiton. *Musschen*,

d'une assez grande quantité de feu pour la rendre lumineuse , & capable de fondre le plomb & l'étain ; tandis que quand elle n'est que bouillante , loin de propager & de communiquer le feu , elle l'éteint sur le champ. Il est vrai que la chaleur seule suffit pour préparer & disposer les corps combustibles à l'inflammation , & les autres à l'incandescence ; la chaleur chasse des corps toutes les parties humides , c'est-à-dire , de l'eau qui de toutes les matières est celle qui s'oppose le plus à l'action du feu ; & ce qui est remarquable , c'est que cette même chaleur qui dilate tous les corps , ne laisse pas de les durcir en les séchant. Je l'ai reconnu cent fois en examinant les pierres de mes grands fourneaux , surtout les pierres calcaires : elles prennent une augmentation de dureté proportionnée au temps qu'elles ont éprouvé la chaleur ; celles , par exemple , des parois extérieures du fourneau , & qui ont reçu sans interruption pendant cinq ou six mois de suite , quatre-vingt ou quatre-vingt-cinq degrés de chaleur constante , deviennent si dures , qu'on a de la peine à les entamer avec les instrumens ordinaires du tailleur de pierres ; on diroit qu'elles ont changé de qualité , quoique néanmoins elles la conservent à tous autres égards , car ces mêmes pierres ne font pas moins de la chaux

broek , Essais de physique , page 434 , cité par M. de Mairan , Dissertation sur la glace , page 192.

comme les autres, lorsqu'on leur applique le degré de feu nécessaire à cette opération.

Ces pierres devenues dures par la longue chaleur qu'elles ont éprouvée, deviennent en même temps spécifiquement plus pesantes (1) ; de-là j'ai cru devoir tirer une induction qui prouve & même confirme pleinement que la chaleur, quoique en apparence toujours fugitive & jamais stable dans les corps qu'elle pénètre & dont elle semble constamment s'efforcer de sortir, y dépose néanmoins d'une manière très stable beaucoup de parties qui s'y fixent & remplacent, en quantité même plus grande, les parties aqueuses & autres qu'elle en a chassées. Mais ce qui paroît contraire ou du moins très difficile à concilier ici, c'est que cette même pierre calcaire qui devient spécifiquement plus pesante par l'action d'une chaleur modérée long-temps continuée, devient tout-à-coup plus légère de près d'une moitié de son poids dès qu'on la soumet au grand feu nécessaire à sa calcination, & qu'elle perd en même temps, non-seulement toute la dureté qu'elle avoit acquise par l'action de la simple chaleur, mais même sa dureté naturelle, c'est-à-dire, la cohérence de ses parties constituantes ; effet singulier dont je renvoye l'explication à l'article suivant où je traiterai de l'air, de l'eau & de la terre ; parce qu'il me paroît tenir

(1) Voyez sur cela les expériences dont je rends compte dans la partie expérimentale de cet Ouvrage.

encore plus à la nature de ces trois élémens qu'à celle de l'élément du feu.

Mais c'est ici le lieu de parler de la calcination prise généralement : elle est pour les corps fixes & incombustibles ce qu'est la combustion pour les matieres volatiles & inflammables ; la calcination a besoin , comme la combustion , du secours de l'air ; elle s'opère d'autant plus vite qu'on lui fournit une plus grande quantité d'air ; sans cela le feu le plus violent ne peut rien calciner , rien enflammer que les matieres qui contiennent en elles-mêmes & qui fournissent à mesure qu'elles brûlent ou se calcinent , tout l'air nécessaire à la combustion ou à la calcination des substances avec lesquelles on les mêle. Cette nécessité du concours de l'air dans la calcination comme dans la combustion , indique qu'il y a plus de choses communes entr'elles qu'on ne l'a soupçonné. L'application du feu est le principe de toutes deux , celle de l'air en est la cause seconde & presque aussi nécessaire que la première ; mais ces deux causes se combinent inégalement , selon qu'elles agissent en plus ou moins de temps , avec plus ou moins de force sur des substances différentes ; il faut , pour en raisonner juste , se rappeler les effets de la calcination & les comparer entr'eux & avec ceux de la combustion.

La combustion s'opère promptement & quelquefois se fait en un instant , la calcination est toujours plus lente & quelquefois si longue qu'on la croit impossible : à mesure que les matieres sont plus inflamma-

bles & qu'on leur fournit plus d'air, la combustion s'en fait avec plus de rapidité; & par la raison inverse, à mesure que les matieres sont plus incombustibles, la calcination s'en fait avec plus de lenteur. Et lorsque les parties constituanes d'une substance telle que l'or, sont non-seulement incombustibles, mais paroissent si fixes qu'on ne peut les volatiliser, la calcination ne produit aucun effet, quelque violente qu'elle puisse être. On doit donc considérer la calcination & la combustion comme des effets du même ordre, dont les deux extrêmes nous sont désignés par le phosphore qui est le plus inflammable de tous les corps, & par l'or qui de tous est le plus fixe & le moins combustible; toutes les substances comprises entre ces deux extrêmes, seront plus ou moins sujettes aux effets de la combustion ou de la calcination, selon qu'elles s'approcheront plus ou moins de ces deux extrêmes: de sorte que dans les points milieux, il se trouvera des substances qui éprouveront au feu, combustion & calcination en degré presque égal; d'où nous pouvons conclure, sans craindre de nous tromper, que toute calcination est toujours accompagnée d'un peu de combustion, & que de même toute combustion est accompagnée d'un peu de calcination. Les cendres & les autres résidus des matieres les plus combustibles, ne démontrent-ils pas que le feu a calciné toutes les parties qu'il n'a pas brûlées, & que par conséquent un peu de calcination se trouve ici avec beaucoup de

combustion? La petite flamme qui s'élève de la plupart des matieres qu'on calcine, ne démontre-t-elle pas de même qu'il s'y fait un peu de combustion? Ainsi nous ne devons pas séparer ces deux effets si nous voulons bien saisir les résultats de l'action du feu sur les différentes substances auxquelles on l'applique.

Mais, dira-t-on, la combustion détruit les corps, ou du moins en diminue toujours le volume ou la masse, en raison de la quantité de matiere qu'elle enlève ou consomme; la calcination fait souvent le contraire, & augmente la pesanteur d'un grand nombre de matieres; doit-on dès-lors considérer ces deux effets, dont les résultats sont si contraires, comme des effets du même ordre? L'objection paroît fondée & mérite réponse, d'autant que c'est ici le point le plus difficile de la question. Je crois néanmoins pouvoir y satisfaire pleinement. Considérons pour cela une matiere dans laquelle nous supposons moitié de parties fixes & moitié de parties volatiles ou combustibles; il arrivera, par l'application du feu, que toutes ces parties volatiles ou combustibles seront enlevées ou brûlées, & par conséquent séparées de la masse totale; dès-lors cette masse ou quantité de matiere se trouvera diminuée de moitié, comme nous le voyons dans les pierres calcaires qui perdent au feu près de la moitié de leur poids. Mais si l'on continue à appliquer le feu pendant un très long temps à cette moitié toute composée de parties fixes, n'est-il pas facile de conce-

voir que toute combustion, toute volatilisation, étant cessées, cette matiere, au lieu de continuer à perdre de sa masse, doit au contraire en acquérir aux dépens de l'air & du feu dont on ne cesse de la pénétrer; & celles qui, comme le plomb, ne perdent rien, mais gagnent par l'application du feu, sont des matieres déjà calcinées, préparées par la Nature au degré où la combustion a cessé, & susceptibles par conséquent d'augmenter de pesanteur dès les premiers instans de l'application du feu? Nous avons vu que la lumiere s'amortit & s'éteint à la surface de tous les corps qui ne la réfléchissent pas; nous avons vu que la chaleur, par sa longue résidence, se fixe en partie dans les matieres qu'elle pénètre; nous savons que l'air, presque aussi nécessaire à la calcination qu'à la combustion, & toujours d'autant plus nécessaire à la calcination que les matieres ont plus de fixité, se fixe lui-même dans l'intérieur des corps & en devient partie constituante: dès-lors n'est-il pas très naturel de penser que cette augmentation de pesanteur ne vient que de l'addition des particules de lumiere, de chaleur & d'air, qui se sont enfin fixées & unies à une matiere contre laquelle elles ont fait tant d'efforts sans pouvoir ni l'enlever ni la brûler? Cela est si vrai, que quand on leur présente ensuite une substance combustible avec laquelle elles ont bien plus d'analogie ou plutôt de conformité de nature, elles s'en saisissent avidement, quittent la matiere fixe à laquelle elles n'étoient, pour ainsi dire, attachées

que par force, reprennent par conséquent leur mouvement naturel, leur élasticité, leur volatilité, & partent toutes avec la matière combustible à laquelle elles viennent de se joindre. Dès-lors le métal ou la matière calcinée, à laquelle vous avez rendu ces parties volatiles qu'elle avoit perdues par sa combustion, reprend sa première forme, & sa pesanteur se trouve diminuée de toute la quantité des particules de feu & d'air qui s'étoient fixées, & qui viennent d'être enlevées par cette nouvelle combustion. Tout cela s'opère par la seule loi des affinités; & après ce qui vient d'être dit, il me semble qu'il n'y a pas plus de difficulté à concevoir comment la chaux d'un métal se réduit, que d'entendre comment il se précipite en dissolution; la cause est la même & les effets sont pareils. Un métal dissous par un acide, se précipite lorsqu'on présente à cet acide une autre substance avec laquelle il a plus d'affinité qu'avec le métal, l'acide le quitte alors & le laisse tomber; de même ce métal calciné, c'est-à-dire, chargé de parties d'air, de chaleur & de feu, qui s'étant fixées, le tiennent sous la forme d'une chaux, se précipitera, ou si l'on veut, se réduira lorsqu'on présentera à ce feu & à cet air fixés, des matières combustibles avec lesquelles ils ont bien plus d'affinité qu'avec le métal, qui reprendra sa première forme dès qu'il sera débarrassé de cet air & de ce feu superflus, & qu'il aura repris, aux dépens des matières combustibles qu'on lui présente, les parties volatiles qu'il avoit perdues.

Cette explication me paroît si simple & si claire, que je ne vois pas ce qu'on peut y opposer. L'obscurité de la chimie vient en grande partie de ce qu'on en a peu généralisé les principes, & qu'on ne les a pas réunis à ceux de la haute physique. Les Chimistes ont adopté les affinités sans les comprendre, c'est-à-dire, sans entendre le rapport de la cause à l'effet, qui néanmoins n'est autre que celui de l'attraction universelle; ils ont créé leur phlogistique sans savoir ce que c'est, & cependant c'est de l'air & du feu fixes; ils ont formé, à mesure qu'ils en ont eu besoin, des êtres idéaux, des *minéralisateurs*, des *terres mercurielles*, des noms, des termes d'autant plus vagues, que l'acception en est plus générale. J'ose dire que M. Macquer (*u*) & M. de Morveaux (*x*), sont les premiers de nos Chimistes qui aient commencé à parler françois (*y*). Cette science va donc naître puisqu'on commence à la parler; & on la parlera d'autant mieux, on l'entendra d'autant plus aisément qu'on en bannira le plus de mots techniques; qu'on renoncera

(*u*) Dictionnaire de Chimie, Paris, 1766.

(*x*) Digressions académiques, Dijon, 1772.

(*y*) Dans le moment même qu'on imprime ces feuilles, paroît l'ouvrage de M. Baumé, qui a pour titre : *Chimie expérimentale & raisonnée*. L'Auteur non-seulement y parle une langue intelligible, mais il s'y montre par-tout aussi bon Physicien que grand Chimiste, & j'ai eu la satisfaction de voir que quelques-unes de ses idées générales s'accordent avec les miennes.

de meilleure foi à tous ces petits principes secondaires tirés de la méthode ; qu'on s'occupera davantage de les déduire des principes généraux de la mécanique rationnelle ; qu'on cherchera avec plus de soin à les ramener aux loix de la Nature ; & qu'on sacrifiera plus volontiers la commodité d'expliquer, d'une manière précaire & selon l'art, les phénomènes de la composition ou de la décomposition des substances, à la difficulté de les présenter pour tels qu'ils sont, c'est-à-dire, pour des effets particuliers dépendans d'effets plus généraux, qui sont les seules vraies causes, les seuls principes réels auxquels on doit s'attacher si l'on veut avancer la science de la philosophie naturelle.

Je crois avoir démontré (1) que toutes les petites loix des affinités chimiques, qui paroissent si variables, si différentes entr'elles, ne sont cependant pas autres que la loi générale de l'attraction commune à toute la matière ; que cette grande loi toujours constante, toujours la même, ne paroît varier que par son expression, qui ne peut pas être la même lorsque la figure des corps entre comme un élément dans leur distance. Avec cette nouvelle clef on pourra scruter les secrets les plus profonds de la Nature ; on pourra parvenir à connoître la figure des parties primitives des différentes substances ; assigner les loix & les degrés de leurs affi-

(1) Voyez dans cet ouvrage, l'article qui a pour titre : de la Nature, seconde vue.

rités; déterminer les formes qu'elles prendront en se réunissant, &c. Je crois de même avoir fait entendre comment l'impulsion dépend de l'attraction, & que quoiqu'on puisse la considérer comme une force différente, elle n'est néanmoins qu'un effet particulier de cette force unique & générale. J'ai présenté la communication du mouvement comme impossible, autrement que par le ressort; d'où j'ai conclu que tous les corps de la Nature sont plus ou moins élastiques, & qu'il n'y en a aucun qui soit parfaitement dur, c'est-à-dire, entièrement privé de ressort, puisque tous sont susceptibles de recevoir du mouvement. J'ai tâché de faire connoître comment cette force unique pouvoit changer de direction, & d'attractive devenir tout-à-fait répulsive. Et de ces grands principes qui tous sont fondés sur la mécanique rationnelle, j'ai essayé de déduire les principales opérations de la Nature, telle que la production de la lumière, de la chaleur, du feu & de leur action sur les différentes substances: ce dernier objet qui nous intéresse le plus est un champ vaste, dont le défrichement suppose plus d'un siècle, & dont je n'ai pu cultiver qu'un espace médiocre, en remettant à des mains plus habiles ou plus laborieuses, les instrumens dont je me suis servi. Ces instrumens sont les trois moyens d'employer le feu par sa vitesse, par son volume & par sa masse, en l'appliquant concurremment aux trois classes des substances, qui toutes, ou perdent, ou gagnent, ou ne perdent ni ne ga-

gnent par l'application du feu. Les expériences que j'ai faites sur le refroidissement des corps, sur la pesanteur réelle du feu, sur la nature de la flamme, sur le progrès de la chaleur, sur sa communication, sa déperdition, sa concentration, sur sa violente action sans flamme, &c. sont encore autant d'instrumens qui épargneront beaucoup de travail à ceux qui voudront s'en servir, & produiront une très ample moisson de connoissances utiles.





DES ÉLÉMENTS.

SECONDE PARTIE.

De l'Air, de l'Eau & de la Terre.

Nous avons vu que l'air est l'adminicule nécessaire & le premier aliment du feu, qui ne peut ni subsister, ni se propager, ni s'augmenter qu'autant qu'il se l'affimile, le consomme ou l'emporte; tandis que de toutes les substances matérielles, l'air est au contraire celle qui paroît exister le plus indépendamment & subsister le plus aisément, le plus constamment, sans le secours ou la présence du feu; car quoiqu'il ait habituellement la même chaleur à-peu-près que les autres matieres à la surface de la terre, il pourroit s'en passer, & il lui en faut infiniment moins qu'à toute autre pour entretenir sa fluidité, puisque les froids les plus excessifs, soit naturels, soit artificiels, ne lui font rien perdre de sa nature; que les condensations les plus fortes ne sont pas capables de rompre son ressort; que le feu actif ou plutôt actuellement en exercice sur les

les matieres combustibles, est le seul agent qui puisse altérer sa nature en le raréfiant, c'est-à-dire, en affoiblissant, en étendant son ressort jusqu'au point de le rendre sans effet & de détruire ainsi son élasticité. Dans cet état de trop grande expansion & d'affoiblissement extrême de son ressort, & dans toutes les nuances qui précèdent cet état, l'air est capable de reprendre son élasticité, à mesure que les vapeurs des matieres combustibles qui l'avoient affoiblie, s'évaporeront & s'en sépareront. Mais si le ressort a été totalement affoibli & si prodigieusement étendu qu'il ne puisse plus se resserrer ni se restituer, ayant perdu toute sa puissance élastique, l'air, de volatil qu'il étoit auparavant, devient une substance fixe qui s'incorpore avec les autres substances, & fait dès-lors partie constituante de toutes celles auxquelles il s'unit par le contact, ou dans lesquelles il pénètre à l'aide de la chaleur. Sous cette nouvelle forme il ne peut plus abandonner le feu que pour s'unir comme matiere fixe à d'autres matieres fixes; & s'il en reste quelques parties inséparables du feu., elles font dès-lors portion de cet élément, elles lui servent de base & se déposent avec lui dans les substances qu'ils échauffent & pénètrent ensemble. Cet effet, qui se manifeste dans toutes les calcinations, est d'autant plus sûr & d'autant plus sensible que la chaleur est appliquée plus long-temps; la combustion ne demande que peu de temps pour se faire même complètement, au lieu que toute calcination suppose beaucoup de temps; il faut, pour l'accélérer, amener à

la surface, c'est-à-dire, présenter successivement à l'air les matieres que l'on veut calciner, il faut les fondre ou les diviser en parties impalpables pour qu'elles offrent à cet air plus de superficie; il faut même se servir de soufflets, moins pour augmenter l'ardeur du feu, que pour établir un courant d'air sur la surface des matieres si l'on veut presser leur calcination; & pour la compléter avec tous ces moyens, il faut souvent beaucoup de temps (a); d'où l'on doit conclure qu'il faut aussi une assez longue résidence de l'air devenu fixe dans les substances terrestres, pour qu'il s'établisse à demeure sous cette nouvelle forme.

Mais il n'est pas nécessaire que le feu soit violent pour faire perdre à l'air son élasticité; le plus petit feu & même une chaleur très médiocre, dès qu'elle est immédiatement & constamment appliquée sur une petite quantité d'air, suffisent pour en détruire le ressort; & pour que cet air sans ressort se fixe ensuite dans les corps, il ne faut qu'un

(a) Je ne fais si l'on ne calcineroit pas l'or, non pas en le tenant, comme Boyle ou Kunkel, pendant un très long-temps, dans un fourneau de verrerie, où la vitesse de l'air n'est pas grande, mais en le mettant près de la tuyere d'un bon fourneau à vent, & le tenant en fusion dans un vaisseau ouvert, où l'on plongeroit une petite spatule qu'on ajusteroit de maniere qu'elle tourneroit incessamment & remueroit continuellement l'or en fusion; car il n'y a pas de comparaison entre la force de ces feux, parce que l'air est ici bien plus accéléré que dans les fourneaux de verrerie.

peu plus ou un peu moins de temps, selon le plus ou moins d'affinité qu'il peut avoir sous cette nouvelle forme avec les matieres auxquelles il s'unit. La chaleur du corps des animaux & même des végétaux est encore assez puissante pour produire cet effet : les degrés de chaleur sont différens dans les différens genres d'animaux ; & à commencer par les oiseaux qui sont les plus chauds de tous, on passe successivement aux quadrupèdes, à l'homme, aux cétacées qui le sont moins ; aux reptiles, aux poissons, aux insectes qui le sont beaucoup moins ; & enfin aux végétaux dont la chaleur est si petite qu'elle a paru nulle aux observateurs (b), quoiqu'elle soit très réelle & qu'elle surpasse en hiver celle de l'atmosphère. J'ai observé sur un grand nombre de gros arbres coupés dans un temps froid, que leur intérieur étoit très sensiblement chaud, & que cette chaleur duroit pendant plusieurs minutes après leur abattage : ce n'est pas le mouvement

¶ (b) « Dans toutes les expériences que j'ai tentées, » dit le Docteur Martine, je n'ai pu découvrir qu'aucun des végétaux acquit, en vertu du principe de vie, un degré de chaleur supérieur à celui du milieu environnant, & qui pût être distingué ; au contraire, tous les animaux, quelque peu que leur vie soit animée, ont un degré de chaleur plus considérable que celui de l'air ou de l'eau où ils vivent ». *Essais sur les thermomètres, article XXXVII, édition in-12. Paris 1751.* --- « On ne découvre au toucher aucun degré de chaleur dans les plantes, soit dans leurs larmes, soit dans le cœur de leur tige ». *Bacon, nov. Organ.* 11, 12.

violent de la coignée ou le frottement brusque & réitéré de la scie qui produisent seuls cette chaleur ; car en fendant ensuite ce bois avec des coins , j'ai vu qu'il étoit chaud à deux ou trois pieds de distance de l'endroit où l'on avoit placé les coins , & que par conséquent il avoit un degré de chaleur assez sensible dans tout son intérieur. Cette chaleur n'est que très médiocre tant que l'arbre est jeune & qu'il se porte bien ; mais dès qu'il commence à vieillir , le cœur s'échauffe par la fermentation de la sève qui n'y circule plus avec la même liberté ; cette partie du centre prend , en s'échauffant , une teinte rouge qui est le premier indice du dépérissement de l'arbre & de la désorganisation du bois ; j'en ai manié des morceaux dans cet état qui étoient aussi chauds que si on les eût fait chauffer au feu. Si les observateurs n'ont pas trouvé qu'il y eût aucune différence entre la température de l'air & la chaleur des végétaux , c'est qu'ils ont fait leurs observations en mauvaise saison , & qu'ils n'ont pas fait attention qu'en été la chaleur de l'air est aussi grande & plus grande que celle de l'intérieur d'un arbre , tandis qu'en hiver c'est tout le contraire : ils ne se sont pas souvenus que les racines ont constamment au moins le degré de chaleur de la terre qui les environne , & que cette chaleur de l'intérieur de la terre est pendant tout l'hiver considérablement plus grande que celle de l'air & de la surface de la terre refroidie par l'air : ils ne se sont pas rappelés que les rayons du soleil tombant trop vive-

ment sur les feuilles & sur les autres parties délicates des végétaux, non-seulement les échauffent, mais les brûlent; qu'ils échauffent de même à un très grand degré l'écorce & le bois dont ils pénètrent la surface dans laquelle ils s'amortissent & se fixent: ils n'ont pas pensé que le mouvement seul de la sève, déjà chaude, est une cause nécessaire de chaleur, & que ce mouvement venant à augmenter par l'action du soleil ou d'une autre chaleur extérieure, celle des végétaux doit être d'autant plus grande que le mouvement de leur sève est plus accéléré, &c. Je n'insiste si long-temps sur ce point qu'à cause de son importance: l'uniformité du plan de la nature seroit violée si ayant accordé à tous les animaux un degré de chaleur supérieur à celui des matières brutes, elle l'avoit refusé aux végétaux, qui, comme les animaux, ont leur espèce de vie.

Mais ici l'air contribue encore à la chaleur animale & vitale, comme nous avons vu plus haut qu'il contribuoit à l'action du feu dans la combustion & la calcination des matières combustibles & calcinables. Les animaux qui ont des poumons, & qui par conséquent respirent l'air, ont toujours plus de chaleur que ceux qui en sont privés; & plus la surface intérieure des poumons est étendue & ramifiée en un plus grand nombre de cellules ou de bronches, plus en un mot elle présente de superficie à l'air que l'animal tire par l'inspiration, plus aussi son sang devient chaud, & plus il communique

de chaleur à toutes les parties du corps qu'il abreuve ou nourrit ; & cette proportion a lieu dans tous les animaux connus. Les oiseaux ont, relativement au volume de leur corps, les poumons considérablement plus étendus que l'homme ou les quadrupèdes ; les reptiles, même ceux qui ont de la voix, comme les grenouilles, n'ont au lieu de poumons qu'une simple vessie ; les insectes, qui n'ont que peu ou point de sang, ne pompent l'air que par quelques trachées, &c. Aussi en prenant le degré de la température de la terre pour terme de comparaison, j'ai vu que cette chaleur étant supposée de 10 degrés, celle des oiseaux étoit de près de 33 degrés, celle de quelques quadrupèdes de plus de $31\frac{1}{2}$ degrés, celle de l'homme de $30\frac{1}{2}$ ou 31 (c), tandis que celle des grenouilles

(c) " A mon thermomètre (dit le Docteur Martine) où le terme de la congélation est marqué 32, j'ai trouvé que ma peau, par-tout où elle étoit bien couverte, élevoit le mercure aux degrés 96 ou 97... que l'urine nouvellement rendue & reçue dans un vase de la même température qu'elle, est à peine d'un degré plus chaude que la peau, & nous pouvons supposer qu'elle est à-peu-près au degré des viscères voisins. . . . Dans les quadrupèdes ordinaires, tels que les chiens, les chats, les brebis, les bœufs, les cochons, &c, la chaleur de la peau élève le thermomètre 4 ou 5 degrés plus haut que dans l'homme, & le porte aux degrés 100, 101, 102, & dans quelques-uns, au degré 103 ou même un peu plus haut. . . . La chaleur des cétacées est égale à celle des quadrupèdes. . . . J'ai trouvé que la chaleur de la peau de veau marin étoit proche du degré 102, & celle de la cavité de l'abdomen environ un degré plus haut. . . Les oiseaux sont les plus chauds

n'est que de 15 ou 16, celle des poissons & des insectes de 11 ou 12, c'est-à-dire, la moindre de toutes, & à très peu près la même que celle des végétaux. Ainsi le degré de

de tous les animaux, & surpassent de trois ou quatre degrés les quadrupèdes, suivant l'expérience que j'en ai faite moi-même sur les canards, les oies, les poules, les pigeons, les perdrix, les hirondelles; la boule du thermomètre placée entre leurs cuisses, le mercure s'élevait aux degrés 103, 104, 105, 106, 107 «. Le même observateur a reconnu que les chenilles n'avoient que très peu de chaleur, environ deux ou trois degrés au-dessus de l'air dans lequel elles vivent. » Ainsi, dit-il, la classe des animaux froids est formée par toute la famille des insectes, hormis les abeilles qui font une exception singulière*... J'ai trouvé par des expériences fréquentes, que la chaleur d'un essaim d'abeilles élevait le thermomètre qui en étoit entouré au degré 97, chaleur qui ne le cède point à la nôtre. La chaleur des autres animaux d'une vie foible, excède peu la chaleur du milieu environnant; à peine distingue-t-on quelque différence dans les moules & dans les huîtres, très peu dans les carrelets, les merlans, les merlus & autres poissons à ouïes, qui m'ont tous paru

* *Nota.* Je ne fais s'il faut faire une exception pour les abeilles, comme l'ont faite la plupart de nos Observateurs, qui prétendent que ces mouches ont autant de chaleur que les animaux qui respirent, parce que leur ruche est aussi chaude que le corps de ces animaux: il me semble que cette chaleur de l'intérieur de la ruche n'est point du tout la chaleur de chaque abeille, mais la somme totale de la chaleur qui s'évapore des corps de neuf ou dix mille individus réunis dans cet espace, où leur mouvement continuel doit l'augmenter encore; & en divisant cette somme générale de chaleur par la quantité particulière de chaleur qui s'évapore de chaque individu, on trouveroit peut-être que l'abeille n'a pas plus de chaleur qu'une autre mouche.

chaleur dans l'homme & dans les animaux ; dépend de la force & de l'étendue des poumons ; ce sont les soufflets de la machine animale, ils en entretiennent & augmentent le feu selon qu'ils sont plus ou moins puissans, & que leur mouvement est plus ou moins prompt. La seule difficulté est de concevoir comment ces espèces de soufflets (dont la construction est aussi supérieure à celle de nos soufflets d'usage que la nature est au-dessus de nos arts) peuvent porter l'air sur le feu qui nous anime ; feu dont le foyer paroît assez indéterminé, feu qu'on n'a pas même voulu qualifier de ce nom, parce qu'il est sans flamme, sans fumée apparente, & que sa chaleur n'est que très médiocre & assez uniforme. Cependant si l'on considère que la chaleur & le feu sont des effets & même des élémens du même ordre ; si l'on

avoir à peine un degré de plus que l'eau de mer dans laquelle ils vivoient, & qui étoit, lors de mon observation, au degré 41. Enfin, il n'y en a guere plus dans les poissons de riviere ; & quelques truites que j'ai examinées, étoient au degré 62, pendant que l'eau de la riviere étoit au degré 61. . . . Suivant le résultat de plusieurs expériences, j'ai trouvé que les limaçons étoient de 2 degrés plus chauds que l'air. Les grenouilles & les tortues de terre m'ont paru avoir quelque chose de plus, & environ 5 degrés de plus que l'air qu'elles respiroient. . . . J'ai aussi examiné la chaleur d'une carpe & celle d'une anguille, & j'ai trouvé qu'elles excédoient à peine la chaleur de l'eau où ces poissons vivoient, & qui étoit au degré 54. « *Essais sur les thermomètres, articles 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46 & 47.* »

se rappelle que la chaleur raréfie l'air, & qu'en étendant son ressort elle peut l'affoiblir au point de le rendre sans effet ; on pourra penser que cet air tiré par nos poumons s'y raréfiant beaucoup, doit perdre son ressort dans les bronches & dans les petites vésicules où il ne peut pénétrer qu'en très petit volume & en bulles dont le ressort, déjà très étendu, fera bientôt détruit par la chaleur du sang artériel & veineux ; car ces vaisseaux du sang ne sont séparés des vésicules pulmonaires qui reçoivent l'air, que par des cloisons si minces, qu'elles laissent aisément passer cet air dans le sang, où il ne peut manquer de produire le même effet que sur le feu commun ; parce que le degré de chaleur de ce sang est plus que suffisant pour détruire en entier l'élasticité des particules d'air, les fixer & les entraîner sous cette nouvelle forme dans toutes les voies de la circulation. Le feu du corps animal ne diffère du feu commun que du moins au plus : le degré de chaleur est moindre, dès-lors il n'y a point de flamme, parce que les vapeurs qui s'élèvent & qui représentent la fumée de ce feu, n'ont pas assez de chaleur pour s'enflammer ou devenir ardentes, & qu'étant d'ailleurs mêlées de beaucoup de parties humides qu'elles enlèvent avec elles, ces vapeurs ou cette fumée ne peuvent ni s'allumer ni brûler (d) : tous les autres effets

(d) J'ai fait une grande expérience au sujet de l'incendation de la fumée. J'ai rempli de charbon sec &
Hist. nat. Tom. VI. I

sont absolument les mêmes ; la respiration d'un petit animal absorbe autant d'air que la lumière d'une chandelle ; dans des vaisseaux fermés , de capacités égales , l'animal

conservé à couvert plus de six mois, deux de mes fourneaux qui ont également quatorze pieds de hauteur , & qui ne diffèrent dans leur construction que par les proportions des dimensions en largeur , le premier contenant juste un tiers plus que le second. J'ai rempli l'un avec douze cents livres de ce charbon , & l'autre avec huit cents livres , & j'ai adapté au plus grand un tuyau d'aspiration , construit avec un châssis de fer , garni de tôle , qui avoit treize pouces en quarré sur dix pieds de hauteur ; je lui avois donné treize pouces sur les quatre côtés , pour qu'il remplît exactement l'ouverture supérieure du fourneau , qui étoit quarrée , & qui avoit treize pouces $\frac{1}{2}$ de toutes faces ; avant de remplir ces fourneaux , on avoit préparé dans le bas une petite cavité en forme de voûte , soutenue par des bois secs sous lesquels on mit le feu au moment qu'on commença de charger le charbon ; ce feu , qui d'abord étoit vif , se ralentit à mesure qu'on chargeoit : cependant il subsista toujours sans s'éteindre ; & lorsque les fourneaux furent remplis en entier , j'en examinai le progrès & le produit sans le remuer & sans y rien ajouter ; pendant les six premières heures , la fumée qui avoit commencé à s'élever au moment qu'on avoit commencé de charger , étoit très humide , ce que je reconnoissois aisément par les gouttes d'eau qui paroissent sur les parties extérieures du tuyau d'aspiration , & ce tuyau n'étoit encore , au bout de six heures , que médiocrement chaud , car je pouvois le toucher aisément. On laissa le feu , le tuyau & les fourneaux pendant toute la nuit dans cet état ; la fumée continuant toujours , devint si abondante , si épaisse & si noire , que le lendemain en arrivant à mes forges , je crus qu'il y avoit un incendie. L'air étoit calme , & comme le vent ne dissipoit pas la fumée , elle enveloppoit les bâtimens & les déroboit à ma vue ; elle du-

meurt en même temps que la chandelle s'éteint ; rien ne peut démontrer plus évidemment que le feu de l'animal & celui de la chandelle , ou de toute autre matiere com-

roit déjà depuis vingt-six heures. J'allai à mes fourneaux , je trouvai que le feu , qui n'étoit allumé qu'à la partie du bas , n'avoit pas augmenté , qu'il se sustenoit au même degré ; mais la fumée qui avoit donné de l'humidité dans les six premières heures , étoit devenue plus sèche , & paroissoit néanmoins tout aussi noire. Le tuyau d'aspiration ne pompoit pas davantage , il étoit seulement un peu plus chaud , & la fumée ne formoit plus de gouttes sur la surface extérieure ; la cavité des fourneaux , qui avoit quatorze pieds de hauteur , se trouva vide , au bout de vingt-six heures , d'environ trois pieds ; je les fis remplir , l'un avec cinquante , & l'autre avec soixante-quinze livres de charbon , & je fis remettre tout de suite le tuyau d'aspiration qu'on avoit été obligé d'enlever pour charger. Cette augmentation d'aliment n'augmenta pas le feu ni même la fumée , elle ne changea rien à l'état précédent ; j'observai le tout pendant huit heures de suite , m'attendant à tout instant à voir paroître la flamme , & ne concevant pas pourquoi cette fumée d'un charbon si sec , & si sèche elle-même qu'elle ne déposoit pas la moindre humidité , ne s'enflammoit pas d'elle-même après trente-quatre heures de feu toujours subsistant au bas des fourneaux ; je les abandonnai donc une seconde fois dans cet état , & donnai ordre de n'y pas toucher. Le jour suivant , douze heures après les trente-quatre , je trouvai le même brouillard épais , la même fumée noire couvrant mes bâtimens ; & ayant visité mes fourneaux , je vis que le feu d'en-bas étoit toujours le même , la fumée la même & sans aucune humidité , & que la cavité des fourneaux étoit vide de trois pieds deux pouces dans le plus petit , & de deux pieds neuf pouces seulement dans le plus grand , auquel étoit adapté le tuyau d'aspiration ; je le remplis avec soixante-six livres de charbon , & l'autre avec cinquante-quatre , &

bustible allumée, sont des feux non-seulement du même ordre, mais d'une seule & même nature, auxquels le secours de l'air est

je résolus d'attendre aussi long-temps qu'il seroit nécessaire pour savoir si cette fumée ne viendrait pas enfin à s'enflammer; je passai neuf heures à l'examiner de temps à autre; elle étoit très sèche, très suffoquante, très sensiblement chaude, mais toujours noire & sans flamme au bout de cinquante-cinq heures. Dans cet état je la laissai pour la troisième fois. Le jour suivant, treize heures après les cinquante-cinq, je la retrouvai encore de même, le charbon de mes fourneaux baissé de même; & comme je réfléchissois sur cette consommation de charbon sans flamme, qui étoit d'environ moitié de la consommation qui s'en fait dans le même temps & dans les mêmes fourneaux lorsqu'il y a de la flamme, je commençai à croire que je pourrois bien user beaucoup de charbon sans avoir de flamme, puisque depuis trois jours on avoit chargé trois fois les fourneaux (car j'oubliois de dire que ce jour même on enoit de remplir la cavité vide du grand fourneau avec quatre-vingt livres de charbon, & celle du petit avec soixante livres) je les laissai néanmoins fumer encore plus de cinq heures. Après avoir perdu l'espérance de voir cette fumée s'enflammer d'elle-même, je la vis tout d'un coup prendre feu, & faire une espèce d'explosion dans l'instant même qu'on lui présenta la flamme légère d'une poignée de paille; le tourbillon entier de la fumée s'enflamma jusqu'à huit à dix pieds de distance & autant de hauteur; la flamme pénétra la masse du charbon, & descendit dans le même moment jusqu'au bas du fourneau, & continua de brûler à la manière ordinaire: le charbon se consommoit une fois plus vite, quoique le feu d'en-bas ne parût guère plus animé; mais je suis convaincu que mes fourneaux auroient éternellement fumé si l'on n'eût pas allumé la fumée; & rien ne me prouva mieux que la flamme n'est que de la fumée qui brûle, & que la communication du feu ne peut se faire que par la flamme.

également nécessaire ; & qui tous deux se l'approprient de la même manière, l'absorbent comme aliment, l'entraînent dans leur route, ou le déposent sous une forme fixe dans les substances qu'ils pénètrent.

Les végétaux & la plupart des insectes n'ont, au lieu de poumons, que des tuyaux aspiratoires, des espèces de trachées par lesquelles ils ne laissent pas de pomper tout l'air qui leur est nécessaire ; on le voit passer en bulles très sensibles dans la sève de la vigne ; il est non-seulement pompé par les racines, mais souvent même par les feuilles ; il fait partie & partie très essentielle de la nourriture du végétal qui dès-lors se l'assimile, le fixe & le conserve. Le petit degré de la chaleur végétale, joint à celui de la chaleur du soleil, suffit pour détruire le ressort de l'air contenu dans la sève, surtout lorsque cet air qui n'a pu être admis dans le corps de la plante & arriver à la sève qu'après avoir passé par des tuyaux très ferrés, se trouve divisé en particules presque infiniment petites, que le moindre degré de chaleur suffit pour rendre fixes. L'expérience confirme pleinement tout ce que je viens d'avancer ; les matières animales & végétales contiennent toutes une très grande quantité de cet air fixe ; & c'est en quoi consiste l'un des principes de leur inflammabilité ; toutes les matières combustibles contiennent beaucoup d'air ; tous les animaux & les végétaux, toutes leurs parties, tous leurs détrimens, toutes les matières qui en proviennent, toutes les subs-

tances où ces détrimens se trouvent mêlangés, contiennent plus ou moins d'air fixe, & la plupart renferment aussi une certaine quantité d'air élastique. On ne peut douter de ces faits dont la certitude est acquise par les belles expériences du docteur Hales & dont les Chimistes ne me paroissent pas avoir senti toute la valeur; car ils auroient reconnu depuis long-temps, que l'air fixe doit jouer en grande partie le rôle de leur phlogistique; ils n'auroient pas adopté ce terme nouveau qui ne répond à aucune idée précise, & ils n'en auroient pas fait la base de toutes leurs explications des phénomènes chimiques; ils ne l'auroient pas donné pour un être identique & toujours le même, puisqu'il est composé d'air & de feu, tantôt dans un état fixe & tantôt dans celui de la plus grande volatilité. Et ceux d'entr'eux qui ont regardé le phlogistique comme le produit du feu élémentaire ou de la lumière, se sont moins éloignés de la vérité, parce que le feu ou la lumière produisent, par le secours de l'air, tous les effets du phlogistique.

Les minéraux qui, comme les soufres & les pyrites, contiennent dans leur substance une quantité plus ou moins grande des détrimens ultérieurs des animaux & des végétaux, renferment dès-lors des parties combustibles qui, comme toutes les autres, contiennent plus ou moins d'air fixe, mais toujours beaucoup moins que les substances purement animales ou végétales: on peut également leur enlever cet air fixe

par la combustion ; on peut aussi le dégager par le moyen de l'effervescence ; & dans les matières animales & végétales, on le dégage par la simple fermentation qui , comme la combustion , a toujours besoin d'air pour s'opérer. Ceci s'accorde si parfaitement avec l'expérience , que je ne crois pas devoir insister sur la preuve des faits. Je me contenterai d'observer que les sulfures & les pyrites ne sont pas les seuls minéraux qu'on doive regarder comme combustibles ; qu'il y en a beaucoup d'autres dont je ne ferai point ici l'énumération , parce qu'il suffit de dire que leur degré de combustibilité dépend ordinairement de la quantité de soufre qu'ils contiennent. Tous les minéraux combustibles tirent donc originairement cette propriété ou du mélange des parties animales & végétales qui sont incorporées avec eux , ou des particules de lumière , de chaleur & d'air , qui par le laps de temps se sont fixées dans leur intérieur. Rien , selon moi , n'est combustible que ce qui a été formé par une chaleur douce , c'est-à-dire , par ces mêmes élémens combinés dans toutes les substances que le soleil éclaire & vivifie (e),

(e) Voici une observation qui semble démontrer que la lumière a plus d'affinité avec les substances combustibles, qu'avec toutes les autres matières. On sait que la puissance réfractive des corps transparens , est proportionnelle à leur densité ; le verre , plus dense que l'eau , a proportionnellement une plus grande force réfringente ; & en augmentant la densité du verre & de l'eau , l'on augmente à mesure leur force de ré-

ou dans celles que la chaleur intérieure de la terre foment & réunit.

C'est cette chaleur intérieure du globe de la terre que l'on doit regarder comme le vrai feu élémentaire, & il faut le distinguer de celui du soleil qui ne nous parvient qu'avec la lumière ; tandis que l'autre, quoique bien plus considérable, n'est ordinairement que sous la forme d'une chaleur obscure, & que ce n'est que dans quelques circonstances, comme celles de l'électricité, qu'il prend de la lumière. Nous avons déjà dit que la somme de cette chaleur prise pendant l'année entière & pendant un

fraction. Cette proportion s'observe dans toutes les matières transparentes & qui sont en même temps incombustibles. Mais les matières inflammables, telles que l'esprit de vin, les huiles transparentes, l'ambre, &c., ont une puissance réfringente plus grande que les autres ; en sorte que l'attraction que ces matières exercent sur la lumière, & qui provient de leur masse ou densité, est considérablement augmentée par l'affinité particulière qu'elles ont avec la lumière. Si cela n'étoit pas, leur force réfringente seroit, comme celle de toutes les autres matières, proportionnelle à leur densité ; mais les matières inflammables attirent plus puissamment la lumière, & ce n'est que par cette raison qu'elles ont plus de puissance réfractive que les autres. Le diamant même ne fait pas une exception à cette loi ; on doit le mettre au nombre des matières combustibles, on le brûle au miroir ardent : il a avec la lumière autant d'affinité, que les matières inflammables, car sa puissance réfringente est plus grande qu'elle ne devroit l'être à proportion de sa densité. Il a en même temps la propriété de s'imbiber de la lumière & de la conserver assez long-temps ; les phénomènes de sa réfraction doivent tenir en partie à ces propriétés.

grand nombre d'années de suite , est trois cents ou quatre cents fois plus grande que la somme de la chaleur qui nous vient du soleil pendant le même temps ; c'est une vérité qui peut paroître singulière , mais qui n'en est pas moins évidemment démontrée (f). Comme nous en avons parlé différemment , nous nous contenterons de remarquer ici que cette chaleur constante & toujours subsistante , entre comme élément dans toutes les combinaisons des autres élémens , & qu'elle est plus que suffisante pour produire sur l'air les mêmes effets que le feu actuel ou la chaleur animale ; que par conséquent cette chaleur intérieure de la terre détruira l'élasticité de l'air & le fixera toutes les fois qu'étant divisé en parties très petites , il se trouvera saisi par cette chaleur dans le sein de la terre ; que sous cette nouvelle forme il entrera comme partie fixe dans un grand nombre de substances , lesquelles contiendront dès-lors des particules d'air fixe & de chaleur fixe , qui sont les premiers principes de la combustibilité. Mais ils se trouveront en plus ou moins grande quantité dans les différentes substances selon le degré d'affinité qu'ils auront avec elles ; & ce degré dépendra beaucoup de la quantité que ces substances contiendront de parties animales & végétales , qui paroissent

(f) Voyez le Mémoire de M. de Mairan , dans ceux de l'Académie Royale des Sciences , année 1765 , page 143.

être la base de toute matière combustible ; si elles y sont abondamment répandues ou faiblement incorporées , on pourra toujours les dégager de ces substances par le moyen de la combustion. La plupart des minéraux métalliques & même des métaux , contiennent une assez grande quantité de parties combustibles ; le zinc , l'antimoine , le fer , le cuivre , &c. brûlent & produisent une flamme évidente & très vive , tant que dure la combustion de ces parties inflammables qu'ils contiennent. Après quoi si on continue le feu , la combustion finie , commence la calcination pendant laquelle il rentre dans ces matières de nouvelles parties d'air & de chaleur qui s'y fixent & qu'on ne peut en dégager qu'en leur présentant quelque matière combustible avec laquelle ces parties d'air & de chaleur fixes ont plus d'affinité qu'avec celles du minéral auxquelles en effet elles ne sont unies que par force , c'est-à-dire , par l'effort de la calcination. Il me semble que la conversion des substances métalliques en chaux , & leur réduction , pourront maintenant être très clairement entendues , sans qu'il soit besoin de recourir à des principes secondaires ou à des hypothèses arbitraires pour leur explication. La réduction , comme je l'ai déjà insinué , n'est dans le réel qu'une seconde combustion par laquelle on dégage les parties d'air & de chaleur fixes que la calcination avoit forcé d'entrer dans le métal & de s'unir à sa substance fixe à laquelle on rend en même temps les parties vola-

tiles & combustibles que la première action du feu lui avoit enlevées.

Après avoir présenté le grand rôle que l'air fixe joue dans les opérations les plus secrètes de la Nature, considérons-le pendant quelques instans lorsque, sous la forme élastique, il réside dans les corps; ses effets sont alors aussi variables que les degrés de son élasticité; son action, quoique toujours la même, semble donner des produits différens dans les substances différentes. Pour en ramener la considération à un point de vue général, nous le comparerons avec l'eau & la terre, comme nous l'avons déjà comparé avec le feu; les résultats de cette comparaison entre les quatre élémens s'appliqueront ensuite aisément à toutes les substances, de quelque nature qu'elles puissent être, puisque toutes ne sont composées que de ces quatre principes réels.

Le plus grand froid connu ne peut détruire le ressort de l'air, & la moindre chaleur suffit pour cet effet, surtout lorsque ce fluide est divisé en parties très petites. Mais il faut observer qu'entre son état de fixité & celui de sa pleine élasticité, il y a toutes les nuances des états moyens, & que c'est presque toujours dans quelques-uns de ces états moyens qu'il réside dans la terre & dans l'eau, ainsi que dans toutes les substances qui en sont composées; par exemple, on ne pourra pas douter que l'eau qui nous paroît une substance si simple, ne contienne une certaine quantité d'air qui n'est ni fixe ni élastique, mais entre la fixité

& l'élasticité, si l'on fait attention aux différens phénomènes qu'elle nous présente dans sa congélation, dans son ébullition, dans sa résistance à toute compression, &c. car la Physique expérimentale nous démontre que l'eau est incompressible; au lieu de s'affaïssir & de rentrer en elle-même lorsqu'on la force par la presse, elle passe à travers les vaisseaux les plus solides & les plus épais: or, si l'air qu'elle contient en assez grande quantité y étoit dans son état de pleine élasticité, l'eau seroit compressible en raison de cette quantité d'air élastique qu'elle contient & qui se comprime-roit. Donc l'air contenu dans l'eau n'y est pas simplement mêlé & n'y conserve pas sa forme élastique, mais y est plus intimement uni dans un état où son ressort ne s'exerce plus d'une manière sensible; & néanmoins ce ressort n'y est pas entièrement détruit; car si l'on expose l'eau à la congélation, on voit cet air sortir de son intérieur & se réunir à sa surface en bulles élastiques; ceci seul suffiroit pour prouver que l'air n'est pas contenu dans l'eau sous sa forme ordinaire, puisqu'étant spécifiquement huit cent cinquante fois plus léger, il seroit forcé d'en sortir par la seule nécessité de la prépondérance de l'eau. Il est donc évident que l'air contenu dans l'eau, n'y est pas dans son état ordinaire, c'est-à-dire, de pleine élasticité; & en même temps il est démontré que cet état dans lequel il réside dans l'eau n'est pas celui de sa plus grande fixité, où son ressort absolument détruit ne peut se rétablir que par la combustion, puisque la

chaleur ou le froid peuvent également le rétablir ; il suffit de faire chauffer ou geler de l'eau pour que l'air qu'elle contient reprenne son élasticité & s'élève en bulles sensibles à sa surface ; il s'en dégage de même lorsque l'eau cesse d'être pressée par le poids de l'atmosphère sous le récipient de la machine pneumatique : il n'est donc pas contenu dans l'eau sous une forme fixe , mais seulement dans un état moyen où il peut aisément reprendre son ressort ; il n'est pas simplement mêlé dans l'eau puisqu'il ne peut y résider sous sa forme élastique , mais aussi il ne lui est pas intimement uni sous sa forme fixe , puisqu'il s'en sépare plus aisément que de toute autre matière.

On pourra m'objecter avec raison , que le froid & le chaud n'ont jamais opéré de la même façon ; que si l'une de ces causes rend à l'air son élasticité , l'autre doit la détruire , & j'avoue que pour l'ordinaire , le froid & le chaud produisent des effets différens : mais dans la substance particulière que nous considérons , ces deux causes , quoique opposées , produisent le même effet ; on pourra le concevoir aisément en faisant attention à la chose même & au rapport de ses circonstances. L'on fait que l'eau , soit gelée , soit bouillie , reprend l'air qu'elle avoit perdu dès qu'elle se liquéfie ou qu'elle se refroidit ; le degré d'affinité de l'air avec l'eau dépend donc en grande partie de celui de sa température ; ce degré dans son état de liquidité , est à-peu-près le même que celui de la chaleur générale à la surface de

la terre; l'air, avec lequel elle a beaucoup d'affinité, la pénètre aussitôt qu'il est divisé en parties très tenues; & le degré de la chaleur élémentaire & générale, suffit pour affaiblir le ressort de ces petites parties, au point de le rendre sans effet, tant que l'eau conserve cette température; mais si le froid vient à la pénétrer, ou pour parler plus précisément, si ce degré de chaleur nécessaire à cet état de l'air vient à diminuer, alors son ressort qui n'est pas entièrement détruit se rétablira par le froid, & l'on verra les bulles élastiques s'élever à la surface de l'eau prête à se congeler. Si au contraire, l'on augmente le degré de la température de l'eau par une chaleur extérieure, on en divise trop les parties intégrantes, on les rend volatiles, & l'air qui ne leur étoit que faiblement uni s'élève & s'échappe avec elles. Car il faut se rappeler que quoique l'eau prise en masse soit incompressible & sans aucun ressort, elle est très élastique dès qu'elle est divisée ou réduite en petites parties; & en ceci elle paroît être d'une nature contraire à celle de l'air qui n'est compressible qu'en masse & qui perd son ressort dès qu'il est trop divisé. Néanmoins l'air & l'eau ont beaucoup plus de rapports entr'eux que de propriétés opposées; & comme je suis très persuadé que toute la matière est convertible, & que les quatre élémens peuvent se transformer, je serois porté à croire que l'eau peut se changer en air lorsqu'elle est assez raréfiée pour s'élever en vapeurs : car le ressort de la vapeur de l'eau est aussi &

même plus puissant que le ressort de l'air; on voit le prodigieux effet de cette puissance dans les pompes à feu, on voit la terrible explosion qu'elle produit lorsqu'on laisse tomber du métal fondu sur quelques gouttes d'eau; & si l'on ne veut pas convenir avec moi que l'eau puisse dans cet état de vapeurs se transformer en air, on ne pourra du moins nier qu'elle n'en ait alors les principales propriétés.

L'expérience m'a même appris que la vapeur de l'eau peut entretenir & augmenter le feu comme le fait l'air ordinaire; & cet air, que nous pourrions regarder comme pur, est toujours mêlé avec une très grande quantité d'eau; mais il faut remarquer comme chose importante, que la proportion du mélange n'est pas à beaucoup près la même dans ces deux élémens; l'on peut dire en général qu'il y a beaucoup moins d'air dans l'eau que d'eau dans l'air; seulement il faut considérer qu'il y a deux unités très différentes, auxquelles on pourroit rapporter les termes de cette proportion; ces deux unités sont le volume & la masse. Si on estime la quantité d'air contenue dans l'eau par le volume, elle paroîtra nulle, puisque le volume de l'eau n'en est point du tout augmenté; & de même l'air plus ou moins humide ne nous paroît pas changer de volume, cela n'arrive que quand il est plus ou moins chaud; ainsi ce n'est point au volume qu'il faut rapporter cette proportion; c'est à la masse seule, c'est-à-dire, à la quantité réelle de matière dans l'un & l'autre

de ces deux élémens, qu'on doit comparer celle de leur mélange, & l'on verra que l'air est beaucoup plus *aqueux* que l'eau n'est *aérienne*, peut-être dans la proportion de la masse, c'est-à-dire, huit cent cinquante fois davantage. Quoi qu'il en soit de cette estimation, qui est peut-être ou trop forte ou trop foible, nous pouvons en tirer l'induction que l'eau doit se changer plus aisément en air, que l'air ne peut se transformer en eau. Les parties de l'air, quoique susceptibles d'être extrêmement divisées, paroissent être plus grosses que celles de l'eau, puisque celle-ci passe à travers plusieurs filtres que l'air ne peut pénétrer; puisque quand elle est raréfiée par la chaleur, son volume, quoique fort augmenté n'est qu'égal ou un peu plus grand que celui des parties de l'air à la surface de la terre; car les vapeurs de l'eau ne s'élèvent dans l'air qu'à une certaine hauteur; enfin, puisque l'air semble s'imbiber d'eau comme une éponge, la contenir en grande quantité, & que le contenant est nécessairement plus grand que le contenu. Au reste, l'air qui s'imbibe si volontiers de l'eau, semble la rendre de même lorsqu'on lui présente des sels ou d'autres substances avec lesquelles l'eau a encore plus d'affinité qu'avec lui. L'effet que les Chimistes appellent *défaillance*, & même celui des *efflorescences*, démontrent non-seulement qu'il y a une très grande quantité d'eau contenue dans l'air, mais encore que cette eau n'y est attachée que par une simple affinité qui cède aisément à une affinité plus grande, & qui même

cesse

cesse d'agir sans être combattue ou balancée par aucune autre affinité, mais par la seule raréfaction de l'air, puisqu'il se dégage de l'eau dès qu'elle cesse d'être pressée par le poids de l'atmosphère, sous le récipient de la machine pneumatique.

Dans l'ordre de la conversion des éléments, il me semble que l'eau est pour l'air ce que l'air est pour le feu, & que toutes les transformations de la Nature dépendent de celles-ci. L'air comme aliment du feu s'assimile avec lui, & se transforme en ce premier élément; l'eau raréfiée par la chaleur, se transforme en une espèce d'air capable d'alimenter le feu comme l'air ordinaire; ainsi le feu a un double fonds de subsistance assurée; s'il consomme beaucoup d'air, il peut aussi en produire beaucoup par la raréfaction de l'eau, & réparer ainsi dans la masse de l'atmosphère toute la quantité qu'il en détruit, tandis qu'ultérieurement il se convertit lui-même avec l'air en matière fixe dans les substances terrestres qu'il pénètre par sa chaleur ou par sa lumière.

Et de même que d'une part, l'eau se convertit en air ou en vapeurs aussi volatiles que l'air par sa raréfaction, elle se convertit en une substance solide par une espèce de condensation différente des condensations ordinaires. Tout fluide se raréfie par la chaleur & se condense par le froid; l'eau suit elle-même cette loi commune, & se condense à mesure qu'elle refroidit; qu'on en remplisse un tube de verre jusqu'aux trois quarts, on la verra descendre à mesure que

le froid augmente, & se condenser comme font tous les autres fluides; mais quelque temps avant l'instant de la congélation on la verra remonter au-dessus du point des trois quarts de la hauteur du tube, & s'y renfler encore considérablement en se convertissant en glace. Mais si le tube est bien bouché & parfaitement en repos, l'eau continuera de baisser, & ne se gélera pas, quoique le degré de froid soit de 6, 8 ou 10 degrés au-dessous du terme de la glace, & l'eau ne gélera que quand on ouvrira le tube ou qu'on le remuera. Il semble donc que la congélation nous présente d'une manière inverse les mêmes phénomènes que l'inflammation. Quelque intense, quelque grande que soit une chaleur renfermée dans un vaisseau bien clos, elle ne produira l'inflammation que quand elle touchera quelque matière enflammée; & de même à quelque degré qu'un fluide soit refroidi, il ne gélera pas sans toucher quelque substance déjà gelée; & c'est ce qui arrive lorsqu'on remue ou débouche le tube; les particules de l'eau qui sont gelées dans l'air extérieur ou dans l'air contenu dans le tube, viennent, lorsqu'on le débouche ou le remue, frapper la surface de l'eau & lui communiquent leur glace. Dans l'inflammation, l'air d'abord très raréfié par la chaleur, perd son volume & se fixe tout-à-coup; dans la congélation l'eau d'abord condensée par le froid, reprend plus de volume & se fixe de même. Car la glace est une substance solide, plus légère que l'eau, & qui conserveroit sa solidité si le froid étoit

toujours le même. Et je suis porté à croire qu'on viendrait à bout de fixer le mercure à un moindre degré de froid en le sublimant en vapeurs dans un air très froid. Je suis de même très porté à croire que l'eau, qui ne doit sa liquidité qu'à la chaleur & qui la perd avec elle, deviendrait une substance d'autant plus solide & d'autant moins fusible, qu'elle éprouveroit plus fort & plus longtemps la rigueur du froid. On n'a pas fait assez d'expériences sur ce sujet important.

Mais sans nous arrêter à cette idée, c'est-à-dire, sans admettre ni sans exclure la possibilité de la conversion de la glace en matière infusible ou terre fixe & solide, passons à des vues plus étendues sur les moyens que la Nature emploie pour la transformation de l'eau. Le plus puissant de tous & le plus évident est le filtre animal; le corps des animaux à coquilles, en se nourrissant des particules de l'eau, en travaille en même temps la substance au point de la dénaturer; la coquille est certainement une substance terrestre, une vraie pierre, dont toutes les pierres que les Chimistes appellent *calcaires* & plusieurs autres matières tirent leur origine; cette coquille paroît, à la vérité, faire partie constitutive de l'animal qu'elle couvre, puisqu'elle se perpétue par la génération, & qu'on la voit dans les petits coquillages qui viennent de naître, comme dans ceux qui ont pris tout leur accroissement; mais ce n'en est pas moins une substance terrestre, formée par la sécrétion ou l'exudation du corps de l'animal; on la voit

s'agrandir, s'épaissir par anneaux & par couches à mesure qu'il prend de la croissance ; & souvent cette matière pierreuse excède cinquante ou soixante fois la masse ou matière réelle du corps de l'animal qui la produit. Qu'on se représente pour un instant, le nombre des espèces de ces animaux à coquille, ou pour les tous comprendre, de ces animaux à transudation pierreuse, elles sont peut-être en plus grand nombre dans la mer, que ne l'est sur la terre le nombre des espèces d'insectes ; qu'on se représente ensuite leur prompt accroissement, leur prodigieuse multiplication, le peu de durée de leur vie, dont nous supposerons néanmoins le terme moyen à dix ans (g) ; qu'ensuite on considère qu'il faut multiplier par cinquante ou soixante le nombre presque immense de tous les individus de ce genre, pour se faire une idée de toute la matière pierreuse produite en dix ans ; qu'enfin, on considère que ce bloc déjà si gros de matière pierreuse doit être augmenté d'autant de pareils blocs qu'il y a de fois dix dans tous les siècles qui se sont écoulés depuis le commencement du monde, & l'on se fami-

(g) La plus longue vie des escargots ou gros limaçons terrestres, s'étend jusqu'à 14 ans ; on peut présumer que les gros coquillages de mer vivent plus longtemps ; mais aussi les petits & les très petits, tels que ceux qui forment le corail, & tous les madrépores, vivent beaucoup moins de temps ; & c'est par cette raison que j'ai pris le terme moyen à dix ans.

liarifiera avec cette idée ou plutôt cette vérité d'abord repoussante, que toutes nos collines, tous nos rochers de pierre calcaire, de marbre, de craie, &c. ne viennent originellement que de la dépouille de ces petits animaux. On n'en pourra douter à l'inspection des matières mêmes, qui toutes contiennent encore des coquilles ou des détrimens de coquilles très aisément reconnoissables.

Les pierres calcaires ne sont donc en très grande partie que de l'eau & de l'air contenus dans l'eau, transformés par le filtre animal; les sels, les bitumes, les huiles, les graisses de la mer n'entrent que pour peu ou pour rien dans la composition de la coquille; aussi la pierre calcaire ne contient-elle aucune de ces matières; cette pierre n'est que de l'eau transformée, jointe à quelque petite portion de terre vitrifiable & à une très grande quantité d'air fixe qui s'en dégage par la calcination. Cette opération produit les mêmes effets sur les coquilles qu'on prend dans la mer que sur les pierres qu'on tire des carrières; elles forment également de la chaux, dans laquelle on ne remarque d'autre différence que celle d'un peu plus ou d'un peu moins de qualité; la chaux faite avec des écailles d'huître ou d'autres coquilles, est plus foible que la chaux faite avec du marbre ou de la pierre dure; mais le procédé de la Nature est le même, les résultats de son opération les mêmes; les coquilles & les pierres perdent également près de moitié de leur poids par l'action du feu dans la calcination; l'eau qui a conservé

sa nature en sort la première, après quoi l'air fixe se dégage ; & ensuite l'eau fixe dont ces substances pierreuses sont composées, reprend sa première nature & s'élève en vapeurs poussées & raréfiées par le feu ; il ne reste que les parties les plus fixes de cet air & de cette eau qui peut-être sont si fort unies entr'elles & à la petite quantité de terre fixe de la pierre, que le feu ne peut les séparer. La masse se trouve donc réduite de près de moitié ; & se réduiroit peut-être encore plus si l'on donnoit un feu plus violent. Et ce qui me semble prouver évidemment que cette matière chassée hors de la pierre par le feu, n'est autre chose que de l'air & de l'eau, c'est la rapidité, l'avidité avec laquelle cette pierre calcinée reprend l'eau qu'on lui donne, & la force avec laquelle elle la tire de l'atmosphère lorsqu'on la lui refuse. La chaux, par son extinction ou dans l'air ou dans l'eau, reprend en grande partie la masse qu'elle avoit perdue par la calcination ; l'eau avec l'air qu'elle contient vient remplacer l'eau & l'air qu'elle contenoit précédemment, la pierre reprend dès-lors sa première nature ; car en mêlant sa chaux avec des détrimens d'autres pierres, on fait un mortier qui se durcit, & devient avec le temps une substance solide & pierreuse, comme celles dont on l'a composé.

Après cette exposition, je ne crois pas qu'on puisse douter de la transformation de l'eau en terre ou en pierre par l'intermède des coquilles. Voilà donc d'une part toutes les matières calcaires, dont on doit rappor-

ter l'origine aux animaux , & d'autre part toutes les matières combustibles qui ne proviennent que des substances animales ou végétales ; elles occupent ensemble un assez grand espace à la surface de la terre , & l'on peut juger par leur volume immense , combien la Nature vivante a travaillé pour la Nature morte , car ici le brut n'est que le mort.

Mais les matières calcaires & les substances combustibles , quelque grand qu'en soit le nombre , quelque immense que nous en paroisse le volume , ne font qu'une très petite portion du globe de la terre , dont le fonds principal & la majeure & très majeure quantité consiste en une matière de la nature du verre , matière qu'on doit regarder comme l'élément terrestre , à l'exclusion de toutes les autres substances auxquelles elle sert de base comme terre , lorsqu'elles se forment par le moyen ou par le détriment des animaux , des végétaux , & par la transformation des autres éléments. Non-seulement cette matière première qui est la vraie terre élémentaire , sert de base à toutes les autres substances , & en constitue les parties fixes ; mais elle est en même temps le terme ultérieur auquel on peut les ramener & les réduire toutes. Avant de présenter les moyens que la Nature & l'art peuvent employer pour opérer cette espèce de réduction de toute substance en verre , c'est-à-dire , en terre élémentaire , il est bon de rechercher si les moyens que nous avons indiqués sont les seuls par lesquels l'eau puisse se trans-

former en substance solide; il me semble que le filtre animal la convertissant en pierre, le filtre végétal peut également la transformer lorsque toutes les circonstances se trouvent être les mêmes. La chaleur propre des animaux à coquille étant un peu plus grande que celle des végétaux, & les organes de la vie plus puissans que ceux de la végétation, le végétal ne pourra produire qu'une petite quantité de pierres qu'on trouve assez souvent dans son fruit; mais il peut convertir & convertit réellement en sa substance, une grande quantité d'air, & une quantité encore plus grande d'eau; la terre fixe qu'il s'approprie, & qui sert de base à ces deux élémens, est en si petite quantité, qu'on peut assurer, sans craindre de se tromper, qu'elle ne fait pas la centième partie de sa masse; dès-lors le végétal n'est presque entièrement composé que d'air & d'eau transformés en bois, substance solide qui se réduit ensuite en terre par la combustion ou la putréfaction. On doit dire la même chose des animaux, ils fixent & transforment non-seulement l'air & l'eau, mais le feu en plus grande quantité que les végétaux; il me paroît donc que les fonctions des corps organisés, sont l'un des plus puissans moyens que la Nature emploie pour la conversion des élémens. On peut regarder chaque animal ou chaque végétal, comme un petit centre particulier de chaleur ou de feu qui s'approprie l'air & l'eau qui l'environnent, se les assimile pour végéter ou pour se nourrir & vivre des productions de la terre,

qui

qui ne sont elles-mêmes que de l'air & de l'eau précédemment fixés; il s'approprie en même temps une petite quantité de terre; & recevant les impressions de la lumière & celles de la chaleur du soleil & du globe terrestre, il tourne en sa substance tous ces différens élémens, les travaille, les combine, les réunit, les oppose jusqu'à ce qu'ils aient subi la forme nécessaire à son développement, c'est-à-dire, à l'entretien de la vie & de l'accroissement de l'organisation, dont le moule une fois donné, modèle toute la matière qu'il admet, & de brute qu'elle étoit, la rend organisée.

L'eau qui s'unit si volontiers avec l'air & qui entre avec lui en si grande quantité dans les corps organisés, s'unit aussi de préférence avec quelques matières solides, telles que les sels, & c'est souvent par leur moyen qu'elle entre dans la composition des minéraux. Le sel, au premier coup-d'œil, ne paroît être qu'une terre dissoluble dans l'eau & d'une saveur piquante; mais les Chimistes, en recherchant sa nature, ont très bien reconnu qu'elle consiste principalement dans la réunion de ce qu'ils nomment le *principe terreux* & le *principe aqueux*; l'expérience de l'acide nitreux qui ne laisse après sa combustion qu'un peu de terre & d'eau, leur a même fait penser que ce sel & peut-être tous les autres sels n'étoient absolument composés que de ces deux élémens; néanmoins il me paroît qu'on peut démontrer aisément que l'air & le feu en-

trent dans leur composition; puisque le nitre produit une grande quantité d'air dans la combustion, & que cet air fixe suppose du feu fixe qui s'en dégage en même temps; que d'ailleurs toutes les explications qu'on donne de la dissolution ne peuvent se soutenir à moins qu'elles n'admettent deux forces opposées, l'une attractive & l'autre expansive, & par conséquent la présence des élémens de l'air & du feu, qui sont seuls doués de cette seconde force; qu'enfin, ce seroit contre toute analogie que le sel ne se trouveroit composé que des deux élémens, de la terre & de l'eau, tandis que toutes les autres substances sont composées des quatre élémens. Ainsi l'on ne doit pas prendre à la rigueur ce que les grands Chimistes, Mrs. Stahl & Macquer, ont dit à ce sujet: les expériences de M. Hales démontrent que le vitriol & le sel marin contiennent beaucoup d'air fixe, que le nitre en contient encore beaucoup plus & jusqu'à concurrence du huitième de son poids, & le sel de tartre encore plus. On peut donc assurer que l'air entre comme principe dans la composition de tous les sels; & que comme il ne peut se fixer dans aucune substance qu'à l'aide de la chaleur ou du feu qui se fixent en même temps, ils doivent être comptés au nombre de leurs parties constitutives. Mais cela n'empêche pas que le sel ne doive aussi être regardé comme la substance moyenne entre la terre & l'eau; ces deux élémens entrent en proportion différente

dans les différens fels ou substances salines, dont la variété & le nombre sont si grands qu'on ne peut en faire l'énumération, mais qui présentées généralement sous les dénominations d'acides & d'alkalis, nous montrent qu'en général il y a plus de terre & moins d'eau dans ces derniers fels, & au contraire plus d'eau & moins de terre dans les premiers.

Néanmoins l'eau, quoique intimément mêlée dans les fels, n'y est ni fixée ni réunie par une force assez grande pour la transformer en matière solide comme dans la pierre calcaire; elle réside dans le sel ou dans son acide sous sa forme primitive, & l'acide le mieux concentré, le plus dépouillé d'eau, qu'on pourroit regarder ici comme de la terre liquide, ne doit cette liquidité qu'à la quantité de l'air & du feu qu'il contient; toute liquidité & même toute fluidité suppose la présence d'une certaine quantité de feu; & quand on attribuerait celle des acides à un reste d'eau qu'on ne peut en séparer, quand même on pourroit les réduire tous sous une forme concrète, il n'en seroit pas moins vrai que leurs saveurs, ainsi que les odeurs & les couleurs, ont toutes également pour principe celui de la force expansive, c'est-à-dire, la lumière & les émanations de la chaleur & du feu; car il n'y a que ces principes actifs qui puissent agir sur nos sens & les affecter d'une manière différente & diversifiée, selon les vapeurs ou particules des différentes substances qu'ils nous apportent & nous présentent; c'est donc

à ces principes qu'on doit rapporter non-seulement la liquidité des acides, mais aussi leur faveur. Une expérience que j'ai eu occasion de faire un grand nombre de fois, m'a pleinement convaincu que l'alkali est produit par le feu; la chaux faite à la manière ordinaire & mise sur la langue, même avant d'être éteinte par l'air ou par l'eau, a une faveur qui indique déjà la présence d'une certaine quantité d'alkali. Si l'on continue le feu, cette chaux qui a subi une plus longue calcination devient plus piquante sur la langue; & celle que l'on tire des fourneaux de forges où la calcination dure cinq ou six mois de suite, l'est encore davantage. Or, ce sel n'étoit pas contenu dans la pierre avant sa calcination; il augmente en force ou en quantité, à mesure que le feu est appliqué plus violemment & plus long-temps à la pierre, il est donc le produit immédiat du feu & de l'air qui se sont incorporés dans sa substance pendant la calcination, & qui par ce moyen sont devenus parties fixes de cette pierre de laquelle ils ont chassé la plus grande partie des molécules d'eau liquides & solides qu'elle contenoit auparavant. Cela seul me paroît suffisant pour prononcer que le feu est le principe de la formation de l'alkali minéral; & l'on doit en conclure, par analogie, que les autres alkalis doivent également leur formation à la chaleur constante de l'animal & du végétal dont on les tire.

A l'égard des acides, la démonstration de leur formation par le feu & l'air fixes, quoi-

que moins immédiate que celle des alkalis, ne m'en paroît pas moins certaine : nous avons prouvé que le nitre & le phosphore tirent leur origine des matieres végétales & animales, que le vitriol tire la sienne des pyrites, des soufres & des autres matieres combustibles ; on fait d'ailleurs que ces acides, soit vitrioliques, ou nitreux, ou phosphoriques, contiennent toujours une certaine quantité d'alkali ; on doit donc rapporter leur formation & leur faveur au même principe, & réduisant tous les acides à un seul acide, & tous les alkalis à un seul alkali, ramener tous les sels à une origine commune, & ne regarder leurs différentes faveurs & leurs propriétés particulieres & diverses que comme le produit varié des différentes quantités de terre, d'eau, & surtout d'air & de feu fixes, qui sont entrées dans leur composition. Ceux qui contiendront le plus de ces principes actifs d'air & de feu, seront ceux qui auront le plus de puissance & le plus de faveur. J'entends par puissance la force dont les sels nous paroissent animés pour dissoudre les autres substances ; on fait que la dissolution suppose la fluidité, qu'elle ne s'opere jamais entre deux matieres sèches ou solides, & que par conséquent elle suppose aussi dans le dissolvant le principe de la fluidité, c'est-à-dire le feu ; la puissance du dissolvant sera donc d'autant plus grande que d'une part il contiendra ce principe actif en plus grande quantité, & que d'autre part ses parties aqueuses & terreuses auront plus d'affinité avec les parties

de même espèce contenues dans les substances à dissoudre ; & comme les degrés d'affinité dépendent absolument de la figure des parties intégrantes des corps , ils doivent , comme ces figures , varier à l'infini ; on ne doit donc pas être surpris de l'action plus ou moins grande ou nulle de certains sels sur certaines substances , ni des effets contraires d'autres sels sur d'autres substances. Leur principe actif est le même , leur puissance pour dissoudre la même ; mais elle demeure sans exercice lorsque la substance qu'on lui présente repousse celle du dissolvant , ou n'a aucun degré d'affinité avec lui ; tandis qu'au contraire elle le saisit avidement toutes les fois qu'il se trouve assez de force d'affinité pour vaincre celle de la cohérence ; c'est-à-dire , toutes les fois que les principes actifs contenus dans le dissolvant , sous la forme de l'air & du feu , se trouvent plus puissamment attirés par la substance à dissoudre qu'ils ne le sont par la terre & l'eau qu'il contient ; car dès-lors ces principes actifs s'en séparent , se développent & pénètrent la substance qu'ils divisent & décomposent au point de la rendre susceptible par cette division , d'obéir en liberté à toutes les forces attractives de la terre & de l'eau contenues dans le dissolvant , & de s'unir avec elles assez intimement pour ne pouvoir en être séparées que par d'autres substances qui auroient avec ce même dissolvant un degré encore plus grand d'affinité. Newton est le premier qui ait donné les affinités pour causes des précipitations chimiques ; Stahl adop-

tant cette idée l'a transmise à tous les Chimistes, & il me paroît qu'elle est aujourd'hui universellement reçue comme une vérité dont on ne peut douter. Mais ni Newton ni Stahl ne se sont élevés au point de voir que toutes ces affinités, en apparence si différentes entr'elles, ne sont au fond que les effets particuliers de la force générale de l'attraction universelle; & faute de cette vue, leur théorie ne pouvoit être ni lumineuse ni complète, parce qu'ils étoient forcés de supposer autant de petites loix d'affinités différentes, qu'il y avoit de phénomènes différens; au lieu qu'il n'y a réellement qu'une seule loi d'affinité, loi qui est exactement la même que celle de l'attraction universelle: & que par conséquent l'explication de tous les phénomènes doit être déduite de cette seule & même cause.

Les sels concourent donc à plusieurs opérations de la nature par la puissance qu'ils ont de dissoudre les autres substances; car, quoiqu'on dise vulgairement que l'eau dissout le sel, il est aisé de sentir que c'est une erreur d'expression fondée sur ce qu'on appelle communément le liquide, le *dissolvant*; & le solide, le *corps à dissoudre*; mais dans le réel, lorsqu'il y a dissolution, les deux corps sont actifs, & peuvent être également appelés *dissolvans*; seulement regardant le sel comme le dissolvant, le corps dissout peut-être indifféremment ou liquide ou solide; & pourvu que les parties du sel soient assez divisées pour toucher immédiatement celles des autres substances, elles agiront &

produiront tous les effets de la dissolution. On voit par-là combien l'action propre des sels & l'action de l'élément de l'eau qui les contient doivent influer sur la composition des matieres minérales. La nature peut produire par ce moyen tout ce que nos arts produisent par le moyen du feu; il ne faut que du temps pour que les sels & l'eau opèrent sur les substances les plus compactes & les plus dures, la division la plus complète & l'atténuation la plus grande de leurs parties; ce qui les rend alors susceptibles de toutes les combinaisons possibles, & capables de s'unir avec toutes les substances analogues, & de se séparer de toutes les autres. Mais ce temps qui n'est rien pour la nature & qui ne lui manque pas, est de toutes les choses nécessaires celle qui nous manque le plus; c'est faute de temps que nous ne pouvons imiter ses procédés ni suivre sa marche; le plus grand de nos arts seroit donc l'art d'abrégér le temps, c'est-à-dire, de faire en un jour ce qu'elle fait en un siècle: quelque vaine que paroisse cette prétention, il ne faut pas y renoncer: nous n'avons à la vérité ni les grandes forces ni le temps encore plus grand de la nature, mais nous avons au-dessus d'elle la liberté de les employer comme il nous plaît; notre volonté est une force qui commande à toutes les autres forces, lorsque nous la dirigeons avec intelligence. Ne sommes-nous pas venus à bout de créer à notre usage l'élément du feu qu'elle nous avoit caché? ne l'avons-nous pas tiré des rayons qu'elle ne nous envoyoit

que pour nous éclairer? n'avons-nous pas, par ce même élément, trouvé le moyen d'abrégér le temps en divisant les corps par une fusion aussi prompte que leur division seroit lente par tout autre moyen? &c.

Mais cela ne doit pas nous faire perdre de vue que la nature ne puisse faire & ne fasse réellement; par le moyen de l'eau, tout ce que nous faisons par celui du feu. Pour le voir clairement, il faut considérer que la décomposition de toute substance ne pouvant se faire que par la division, plus cette division sera grande, & plus la décomposition sera complète; le feu semble diviser autant qu'il est possible les matieres qu'il met en fusion; cependant on peut douter si celles que l'eau & les acides tiennent en dissolution ne sont pas encore plus divisées: & les vapeurs que la chaleur élève ne contiennent-elles pas des matieres encore plus atténuées? Il se fait donc dans l'intérieur de la terre, au moyen de la chaleur qu'elle renferme & de l'eau qui s'y insinue, une infinité de sublimations, de distillations, de cristallisations, d'agréations, de disjonctions de toute espèce. Toutes les substances peuvent être avec le temps composées & décomposées par ces moyens; l'eau peut les diviser & en atténuer les parties autant & plus que le feu lorsqu'il les fond; & ces parties atténuées, divisées à ce point, se joindront, se réuniront de la même maniere que celles du métal fondu se réunissent en se refroidissant. Pour nous faire mieux entendre, arrêtons-nous un instant sur la cristallisation;

cet effet dont les sels nous ont donné l'idée ; ne s'opere jamais que quand une substance étant dégagée de toute autre substance, se trouve très divisée & soutenue par un fluide qui , n'ayant avec elle que peu ou point d'affinité , lui permet de se réunir & de former , en vertu de sa force d'attraction , des masses d'une figure à-peu-près semblable à la figure de ses parties primitives ; cette opération qui suppose toutes les circonstances que je viens d'énoncer , peut se faire par l'intermède du feu aussi-bien que par celui de l'eau , & se fait très souvent par le concours des deux , parce que tout cela ne suppose ou n'exige qu'une division assez grande de la matiere , pour que ses parties primitives puissent , pour ainsi dire , se trier & former , en se réunissant , des corps figurés comme elles : or le feu peut , tout aussi-bien & mieux qu'aucun autre dissolvant , amener plusieurs substances à cet état ; & l'observation nous le démontre dans les régules , dans les amiantes , les basaltes , & autres productions du feu dont les figures sont régulières , & qui toutes doivent être regardées comme de vraies cristallisations.

Et ce degré de grande division , nécessaire à la cristallisation , n'est pas encore celui de la plus grande division possible ni réelle , puisque dans cet état les petites parties de la matiere sont encore assez grosses pour constituer une masse qui , comme toutes les autres masses , n'obéit qu'à la seule force attractive , & dont les volumes ne se touchant que par des points , ne peuvent ac-

quérir la force répulsive qu'une beaucoup plus grande division ne manqueroit pas d'opérer par un contact plus immédiat ; & c'est aussi ce que l'on voit arriver dans les effervescences, où tout d'un coup la chaleur & la lumière sont produites par le mélange de deux liqueurs froides. Ce degré de division de la matière est ici fort au-dessus du degré nécessaire à la cristallisation , & l'opération s'en fait aussi rapidement que l'autre s'exécute avec lenteur.

La lumière , la chaleur , le feu , l'air , l'eau , les sels , sont les degrés par lesquels nous venons de descendre du haut de l'échelle de la Nature à sa base qui est la terre fixe. Et ce sont en même temps les seuls principes que l'on doit admettre & combiner pour l'explication de tous les phénomènes. Ces principes sont réels , indépendans de toute hypothèse & de toute méthode ; leur conversion , leur transformation, est tout aussi réelle , puisqu'elle est démontrée par l'expérience. Il en est de même de l'élément de la terre , il peut se convertir en se volatilisant , & prendre la forme des autres élémens , comme ceux-ci prennent la sienne en se fixant. Mais de la même manière que les parties primitives du feu , de l'air ou de l'eau ne formeront jamais seules des corps ou des masses qu'on puisse regarder comme du feu , de l'air ou de l'eau purs ; de même il me paroît très inutile de chercher dans les matières terrestres une substance de terre pure : la fixité , l'homogénéité , l'éclat transparent du diamant , a

ébloui les yeux de nos Chimistes lorsqu'ils ont donné cette pierre pour la terre élémentaire & pure ; on pourroit dire avec autant & aussi peu de fondement , que c'est au contraire de l'eau pure dont toutes les parties se sont fixées pour composer une substance solide diaphane comme elle ; ces idées n'auroient pas été mises en avant si l'on eût pensé que l'élément terreux n'a pas plus le privilège de la simplicité absolue que les autres élémens ; que même comme il est le plus fixe de tous , & par conséquent le plus constamment passif , il reçoit comme base toutes les impressions des autres , il les attire , les admet dans son sein , s'unit , s'incorpore avec eux , les suit & se laisse entraîner par leur mouvement ; & par conséquent il n'est ni plus simple ni moins convertible que les autres. Ce ne sont jamais que les grandes masses qu'il faut considérer lorsqu'on veut définir la Nature : les quatre élémens ont été bien saisis par les Philosophes même les plus anciens ; le soleil , l'atmosphère , la mer & la terre sont les grandes masses sur lesquelles ils les ont établis ; s'il existoit un astre de phlogistique , un atmosphère d'alkali , un océan d'acide & des montagnes de diamant , on pourroit alors les regarder comme les principes généraux & réels de tous les corps ; mais ce ne sont au contraire que des substances particulières produites comme toutes les autres par la combinaison des véritables élémens.

Dans la grande masse de matière solide qui nous représente l'élément de la terre ,

la couche superficielle est la terre la moins pure : toutes les matières déposées par la mer en forme de sédiment , toutes les pierres produites par les animaux à coquilles , toutes les substances composées par la combinaison des détrimens du règne animal & végétal ; toutes celles qui ont été altérées par le feu des volcans , ou sublimées par la chaleur intérieure du globe , sont des substances mixtes & transformées ; & quoiqu'elles composent de très grandes masses , elles ne nous représentent pas assez purement l'élément de la terre ; ce sont les matières vitrifiables dont la masse est mille & cent mille fois plus considérable que celles de toutes ces autres substances , qui doivent être regardées comme le vrai fond de cet élément ; ce sont en même temps celles qui sont composées de la terre la plus fixe , celles qui sont les plus anciennes , & cependant les moins altérées ; c'est de ce fond commun dont toutes les autres substances ont tiré la base de leur solidité : car toute matière fixe , décomposée autant qu'elle peut l'être , se réduit ultérieurement en verre par la seule action du feu ; elle reprend sa première nature lorsqu'on la dégage des matières fluides ou volatiles qui s'y étoient unies ; & ce verre ou matière vitrée qui compose la masse de notre globe , représente d'autant mieux l'élément de la terre , qu'il n'a ni couleur , ni odeur , ni saveur , ni liquidité , ni fluidité ; qualités qui toutes proviennent des autres élémens ou leur appartiennent.

Si le verre n'est pas précisément l'élément de la terre, il en est au moins la substance la plus ancienne; les métaux sont plus récents & moins nobles; la plupart des autres minéraux se forment sous nos yeux; la Nature ne produit plus de verre que dans les foyers particuliers de ses volcans, tandis que tous les jours elle forme d'autres substances par la combinaison du verre avec les autres élémens. Si nous voulons nous former une idée juste de ses procédés dans la formation du globe, qui nous démontre qu'il a été fondu, liquéfié par le feu; considérer ensuite que de ce degré immense de chaleur il a passé successivement au degré de sa chaleur actuelle; que dans les premiers momens où sa surface a commencé de prendre de la consistance, il a dû s'y former des inégalités, telles que nous en voyons sur la surface des matières fondues & refroidies; que les plus hautes montagnes toutes composées de matières vitrifiables, existent & datent de ce moment, qui est aussi celui de la séparation des grandes masses de l'air, de l'eau & de la terre; qu'ensuite pendant le long espace de temps que suppose le refroidissement, ou si l'on veut, la diminution de la chaleur du globe au point de la température actuelle, il s'est fait dans ces mêmes montagnes, qui étoient les parties les plus exposées à l'action des causes extérieures, une infinité de fusions, de sublimations, d'agréations & de transformations de toute espèce par le feu de la terre combiné avec la chaleur du soleil & toutes les autres causes que cette grande

chaleur rendoit plus actives qu'elles ne le sont aujourd'hui ; que par conséquent on doit rapporter à cette date la formation des métaux & des minéraux que nous trouvons en grandes masses & en filons épais & continus. Le feu violent de la terre embrasée après avoir élevé & réduit en vapeurs tout ce qui étoit volatil , après avoir chassé de son intérieur les matières qui composent l'atmosphère & les mers , a dû sublimer en même temps , toutes les parties les moins fixes de la terre , les élever & les déposer dans tous les espaces vides , dans toutes les fentes qui se formoient à la surface à mesure qu'elle se refroidissoit. Voilà l'origine & la gradation du gissement & de la formation des matières vitrifiables , qui toutes forment le noyau des plus grandes montagnes & renferment dans leurs fentes toutes les mines des métaux & des autres matières que le feu a pu diviser , fondre & sublimer. Après ce premier établissement encore subsistant des matières vitrifiables & des minéraux en grande masse qu'on ne peut attribuer qu'à l'action du feu , l'eau qui jusqu'alors ne formoit avec l'air qu'un vaste volume de vapeurs , commença de prendre son état actuel dès que la superficie du globe fut assez refroidie pour ne la plus repousser & dissiper en vapeurs ; elle se rassembla donc & couvrit la plus grande partie de la surface terrestre , sur laquelle se trouvant agitée par un mouvement continu de flux & de reflux , par l'action des vents , par celle de la chaleur ,

elle commença d'agir sur les ouvrages du feu , elle altéra peu-à-peu la superficie des matieres vitrifiables , elle en transporta les débris, les déposa en forme de sédimens , elle put nourrir les animaux à coquilles , elle ramassa leurs dépouilles , produisit les pierres calcaires, en forma des collines & des montagnes , qui se desséchant ensuite reçurent dans leurs fentes toutes les matieres minérales qu'elle pouvoit dissoudre ou charier.

Pour établir une théorie générale sur la formation des minéraux , il faut donc commencer par distinguer avec la plus grande attention , 1^o. ceux qui ont été produits par le feu primitif de la terre lorsqu'elle étoit encore brûlante de chaleur ; 2^o. ceux qui ont été formés du détriment des premiers par le moyen de l'eau , & 3^o. ceux qui dans les volcans ou dans d'autres incendies postérieurs au feu primitif , ont une seconde fois subi l'épreuve d'une violente chaleur. Ces trois objets sont très distincts & comprennent tout le règne minéral ; en ne les perdant pas de vue & y rapportant chaque substance minérale , on ne pourra guere se tromper sur son origine & même sur les degrés de sa formation. Toutes les mines que l'on trouve en masses ou gros filons dans nos hautes montagnes, doivent se rapporter à la sublimation du feu primitif : toutes celles au contraire que l'on trouve en petites ramifications , en filets , en végétations, n'ont été formées que du détriment des premières, entraîné par la stillation des eaux. On le voit évidemment en comparant

rant , par exemple , la matiere des mines de fer de Suède avec celles de nos mines de fer en grains ; celle-ci font l'ouvrage immédiat de l'eau , & nous les voyons se former sous nos yeux , elles ne sont point attirables par l'aimant , elles ne contiennent point de soufre , & ne se trouvent que dispersées dans les terres ; les autres sont toutes plus ou moins sulfureuses , toutes attirables par l'aimant , ce qui seul suppose qu'elles ont subi l'action du feu ; elles sont disposées en grandes masses dures & solides , leur substance est mêlée d'une grande quantité d'asbeste , autre indice de l'action du feu. Il en est de même des autres métaux , leur ancien fonds vient du feu , & toutes leurs grandes masses ont été réunies par son action ; mais toutes leurs cristallisations , végétations , granulations , &c , sont dues à des causes secondaires où l'eau a la plus grande part. Je borne ici mes réflexions sur la conversion des élémens , parce que ce seroit anticiper sur celles qu'exige en particulier chaque substance minérale , & qu'elles seront mieux placées dans les articles de l'Histoire Naturelle des minéraux.





R É F L E X I O N S

Sur la loi de l'Attraction.

LE mouvement des planètes dans leurs orbites , est un mouvement composé de deux forces : la première est une force de projection dont l'effet s'exerceroit dans la tangente de l'orbite , si l'effet continu de la seconde cessoit un instant ; cette seconde force tend vers le Soleil , & par son effet précipiteroit les Planètes vers le Soleil , si la première force venoit à son tour à cesser un seul instant.

La première de ces forces peut être regardée comme une impulsion dont l'effet est uniforme & constant , & qui a été communiquée aux Planètes dès la formation du système planétaire : la seconde peut être considérée comme une attraction vers le Soleil , & se doit mesurer comme toutes les qualités qui partent d'un centre , par la raison inverse du quarré de la distance , comme en effet on mesure les quantités de lumière , d'odeur , &c , & toutes les autres quantités ou qualités qui se propagent en ligne droite & se rapportent à un centre. Or il est certain que l'attraction se propage en ligne droite , puisqu'il n'y a rien de plus droit qu'un fil à-plomb , & que tombant perpen-

diculairement à la surface de la Terre, il tend directement au centre de la force, & ne s'éloigne que très peu de la direction du rayon au centre. Donc on peut dire que la loi de l'attraction doit être la raison inverse du quarré de la distance, uniquement parce qu'elle part d'un centre ou qu'elle y tend, ce qui revient au même.

Mais comme ce raisonnement préliminaire, quelque bien fondé que je le croie, pourroit être contredit par les gens qui font peu de cas de la force des analogies, & qui ne sont accoutumés à se rendre qu'à des démonstrations mathématiques; Newton a cru qu'il valoit beaucoup mieux établir la loi de l'attraction par les phénomènes mêmes que par toute autre voie; & il a en effet démontré géométriquement, que si plusieurs corps se meuvent dans des cercles concentriques, & que les quarrés des temps de leurs révolutions soient comme les cubes de leurs distances à leur centre commun, les forces centripètes de ces corps sont réciproquement comme les quarrés des distances; & que si les corps se meuvent dans des orbites peu différentes d'un cercle, ces forces sont aussi réciproquement comme les quarrés des distances, pourvu que les apsidés de ces orbites soient immobiles. Ainsi les forces par lesquelles les Planètes tendent aux centres ou aux foyers de leurs orbites, suivent en effet la loi du quarré de la distance; & la gravitation étant générale & universelle, la loi de cette gravitation est constamment celle de la raison inverse du

quarré de la distance ; & je ne crois pas que personne doute de la loi de Képler, & qu'on puisse nier que cela ne soit ainsi pour Mercure , pour Vénus , pour la Terre , pour Mars , pour Jupiter & pour Saturne , surtout en les considérant à part & comme ne pouvant se troubler les uns les autres , & en ne faisant attention qu'à leur mouvement autour du Soleil.

Toutes les fois donc qu'on ne considérera qu'une planète ou qu'un satellite se mouvant dans son orbite autour du Soleil ou d'une autre Planète , ou qu'on n'aura que deux corps tous deux en mouvement , ou dont l'un est en repos & l'autre en mouvement , on pourra affurer que la loi de l'attraction suit exactement la raison inverse du quarré de la distance ; puisque par toutes les observations la loi de Képler se trouve vraie , tant pour les planètes principales , que pour les satellites de Jupiter & de Saturne. Cependant on pourroit dès ici faire une objection tirée des mouvemens de la Lune , qui sont irréguliers au point que M. Halley l'appelle *Sidus contumax* , & principalement du mouvement de ses apsides , qui ne sont pas immobiles comme le demande la supposition géométrique , sur laquelle est fondé le résultat qu'on a trouvé de la raison inverse du quarré de la distance pour la mesure de la force d'attraction dans les planètes.

A cela il y a plusieurs manieres de répondre : d'abord on pourroit dire que la loi s'observant généralement dans toutes les autres Planètes avec exactitude , un seul phé-

nomène où cette même exactitude ne se trouve pas, ne doit pas détruire cette loi ; on peut le regarder comme une exception dont on doit chercher la raison particulière. En second lieu, on pourroit répondre, comme l'a fait M. Cotes, que quand même on accorderoit que la loi d'attraction n'est pas exactement dans ce cas en raison inverse du carré de la distance, & que cette raison est un peu plus grande, cette différence peut s'estimer par le calcul, & qu'on trouvera qu'elle est presque insensible, puisque la raison de la force centripète de la Lune, qui de toutes est celle qui doit être la plus troublée, approche soixante fois plus près de la raison du carré que de la raison du cube de la distance :

Responderi potest etiam si concedamus hunc motum tardissimum exinde profectum quod vis centripetæ proportio aberret aliquantulum à duplicatâ, aberrationem illam per computum mathematicum inveniri posse, & planè insensibilem esse ; ista enim ratio vis centripetæ Lunaræ quæ omnium maximè turbari debet, paululum quidem duplicatam superabit ; ad hanc verò sexaginta ferè vicibus propius accedet quàm ad triplicatam. Sed verior erit responsio, &c. Editoris præf. in edit. 2am Newton. Auctore Roger Cotes.

Et en troisième lieu, on doit répondre plus positivement que ce mouvement des apsides ne vient point de ce que la loi d'attraction est un peu plus grande que dans la raison inverse du carré de la distance, mais de ce qu'en effet le Soleil agit sur la Lune par une force d'attraction qui doit troubler son mouvement & produire celui

des apsides, & que par conséquent cela seul pourroit bien être la cause qui empêche la Lune de suivre exactement la règle de Képler. Newton a calculé dans cette vue les effets de cette force perturbatrice, & il a tiré de sa théorie les équations & les autres mouvemens de la Lune, avec une telle précision, qu'ils répondent très exactement & à quelques secondes près, aux observations faites par les meilleurs Astronomes; mais pour ne parler que du mouvement des apsides, il fait sentir dès la XLVme proposition du premier Livre, que la progression de l'apogée de la Lune vient de l'action du Soleil; en sorte que jusqu'ici tout s'accorde, & sa théorie se trouve aussi vraie & aussi exacte dans tous les cas les plus compliqués comme dans ceux qui le sont le moins.

Cependant un de nos grands Géomètres a prétendu (c) que la quantité absolue du mouvement de l'apogée ne pouvoit pas se tirer de la théorie de la gravitation, telle qu'elle est établie par Newton, parce qu'en employant les loix de cette théorie, on trouve que ce mouvement ne devoit s'achever qu'en dix-huit ans, au lieu qu'il s'achève en neuf ans. Malgré l'autorité de cet habile Mathématicien & les raisons qu'il a données pour soutenir son opinion, j'ai toujours été convaincu, comme je le suis en-

(c) M. Clairaut. *Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1745.

core aujourd'hui, que la théorie de Newton s'accorde avec les observations : je n'entreprendrai pas ici de faire l'examen qui feroit nécessaire pour prouver qu'il n'est pas tombé dans l'erreur qu'on lui reproche ; je trouve qu'il est plus court d'affirmer la loi de l'attraction telle qu'elle est , & de faire voir que la loi que M. Clairaut a voulu substituer à celle de Newton , n'est qu'une supposition qui implique contradiction.

Car admettons pour un instant ce que M. Clairaut prétend avoir démontré , que par la théorie de l'attraction mutuelle , le mouvement des apsides devoit se faire en dix-huit ans , au lieu de se faire en neuf ans , & souvenons-nous en même temps qu'à l'exception de ce phénomène tous les autres , quelque compliqués qu'ils soient , s'accordent dans cette même théorie très exactement avec les observations ; à en juger d'abord par les probabilités , cette théorie doit subsister puisqu'il y a un nombre très considérable de choses où elle s'accorde parfaitement avec la Nature , qu'il n'y a qu'un seul cas où elle en diffère , & qu'il est fort aisé de se tromper dans l'énumération des causes d'un seul phénomène particulier ; il me paroît donc que la première idée qui doit se présenter , est qu'il faut chercher la raison particulière de ce phénomène singulier , & il me semble qu'on pourroit en imaginer quelqueune : par exemple , si la force magnétique de la Terre pouvoit , comme le dit Newton , entrer dans le calcul , on trouveroit peut-être qu'elle influe sur

le mouvement de la Lune, & qu'elle pourroit produire cette accélération dans le mouvement de l'apogée, & c'est dans ce cas où en effet il faudroit employer deux termes pour exprimer la mesure des forces qui produisent le mouvement de la Lune. Le premier terme de l'expression seroit toujours celui de la loi de l'attraction universelle, c'est-à-dire, la raison inverse & exacte du quarré de la distance, & le second terme représenteroit la mesure de la force magnétique.

Cette supposition est sans doute mieux fondée que celle de M. Clairaut, qui me paroît beaucoup plus hypothétique, & sujette d'ailleurs à des difficultés invincibles : exprimer la loi d'attraction par deux ou plusieurs termes, ajouter à la raison inverse du quarré de la distance une fraction du

quarré-quarré, au lieu de $\frac{1}{xx}$ mettre $\frac{1}{xx} + \frac{1}{xxx4}$

me paroît n'être autre chose que d'ajuster une expression de telle façon qu'elle corresponde à tous les cas ; ce n'est plus une loi physique que cette expression représente, car en se permettant une fois de mettre un second, un troisième, un quatrième terme, &c. on pourroit trouver une expression qui, dans toutes les loix d'attraction, représenteroit les cas dont il s'agit, en l'ajustant en même temps aux mouvemens de l'apogée de la lune & aux autres phénomènes ; & par conséquent cette supposition, si elle étoit admise, non-seulement anéantiroit la loi de

l'attraction

l'attraction en raison inverse du quarré de la distance , mais même donneroit entrée à toutes les loix possibles & imaginables : une loi en physique n'est loi que parce que sa mesure est simple , & que l'échelle qui la représente est non-seulement toujours la même , mais encore qu'elle est unique , & qu'elle ne peut être représentée par une autre échelle : or , toutes les fois que l'échelle d'une loi ne sera pas représentée par un seul terme , cette simplicité & cette unité d'échelle , qui fait l'essence de la loi , ne subsiste plus , & par conséquent il n'y a plus aucune loi physique.

Comme ce dernier raisonnement pourroit paroître n'être que de la métaphysique , & qu'il y a peu de gens qui la sachent apprécier , je vais tâcher de le rendre sensible en m'expliquant davantage. Je dis donc que toutes les fois qu'on voudra établir une loi sur l'augmentation ou la diminution d'une qualité ou d'une quantité physique , on est strictement assujetti à n'employer qu'un terme pour exprimer cette loi : ce terme est la représentation de la mesure qui doit varier , comme en effet la quantité à mesurer varie ; en sorte que si la quantité , n'étant d'abord qu'un pouce , devient ensuite un pied , une aune , une toise , une lieue , &c. le terme qui l'exprime devient successivement toutes ces choses , ou plutôt les représente dans le même ordre de grandeur ; & il en est de même de toutes les autres raisons dans lesquelles une quantité peut varier.

De quelque façon que nous puissions donc supposer qu'une qualité physique puisse varier, comme cette qualité est une, la variation sera simple & toujours exprimable par un seul terme qui en fera la mesure; & dès qu'on voudra employer deux termes, on détruira l'unité de la qualité physique, parce que ces deux termes représenteront deux variations différentes dans la même qualité, c'est-à-dire, deux qualités au lieu d'une: deux termes sont en effet deux mesures, toutes deux variables & inégalement variables, & dès-lors elles ne peuvent être appliquées à un sujet simple, à une seule qualité; & si on admet deux termes pour représenter l'effet de la force centrale d'un astre, il est nécessaire d'avouer qu'au lieu d'une force il y en a deux, dont l'une sera relative au premier terme, & l'autre relative au second terme; d'où l'on voit évidemment qu'il faut dans le cas présent que M. Clairaut admette nécessairement une autre force différente de l'attraction, s'il emploie deux termes pour représenter l'effet total de la force centrale d'une planète.

Je ne fais pas comment on peut imaginer qu'une loi physique, telle qu'est celle de l'attraction, puisse être exprimée par deux termes par rapport aux distances; car s'il y avoit, par exemple, une masse M dont la

vertu attractive fût exprimée par $\frac{aa}{xx} + \frac{b}{x^4}$,

n'en résulteroit-il pas le même effet que si cette masse étoit composée de deux matières

différentes, comme, par exemple, de $\frac{1}{2} M$,
dont la loi d'attraction fût exprimée par $\frac{2aa}{xx}$

& de $\frac{1}{2} M$, dont l'attraction fût $\frac{2b}{x^4}$? cela me
paroît absurde.

Mais indépendamment de ces impossibilités qu'implique la supposition de M. Clairaut, qui détruit aussi l'unité de loi sur laquelle est fondée la vérité & la belle simplicité du système du monde, cette supposition souffre bien d'autres difficultés que M. Clairaut devoit, ce me semble, se proposer avant que de l'admettre, & commencer au moins par examiner d'abord toutes les causes particulières qui pourroient produire le même effet. Je sens que si j'eusse résolu comme M. Clairaut le problème des trois corps, & que j'eusse trouvé que la théorie de la gravitation ne donne en effet que la moitié du mouvement de l'apogée, je n'en aurois pas tiré la conclusion qu'il en tire contre la loi de l'attraction; aussi est-ce cette conclusion que je contredis, & à laquelle je ne crois pas qu'on soit obligé de souscrire, quand même M. Clairaut auroit pu démontrer l'insuffisance de toutes les autres causes particulières.

Newton dit, page 547, tome III: *In his computationibus attractionem magneticam terræ non consideravi, cujus itaque quantitas perparva est & ignoratur; si quando verò hæc attractio investigari poterit, & mensura graduum in meridiano, ac longitudines pendulorum isochronorum in diversis pa-*

parallelis, legesque motuum maris & parallaxis Lunæ cum diametris apparentibus Solis & Lunæ ex phænomenis accuratiùs determinatæ fuerint, licebit calculum hunc omnem accuratiùs repetere. Ce passage ne prouve-t-il pas bien clairement que Newton n'a pas prétendu avoir fait l'énumération de toutes les causes particulières, & n'indique-t-il pas en effet que si on trouve quelques différences avec sa théorie & les observations, cela peut venir de la force magnétique de la Terre, ou de quelque autre cause secondaire; & par conséquent si le mouvement des apsidés ne s'accorde pas aussi exactement avec sa théorie que le reste, faudra-t-il pour cela ruiner sa théorie par le fondement, en changeant la loi générale de la gravitation? ou plutôt ne faudra-t-il pas attribuer à d'autres causes cette différence qui ne se trouve que dans ce seul phénomène? M. Clairaut a proposé une difficulté contre le système de Newton, mais ce n'est tout au plus qu'une difficulté qui ne doit ni ne peut devenir un principe: il faut chercher à la résoudre, & non pas en faire une théorie dont toutes les conséquences ne sont appuyées que sur un calcul; car, comme je l'ai dit, on peut tout représenter avec un calcul, & on ne réalise rien; & si on se permet de mettre un ou plusieurs termes à la suite de l'expression d'une loi physique, comme l'est celle de l'attraction, on ne nous donne plus que de l'arbitraire au lieu de nous représenter la réalité.

Au reste, il me suffit d'avoir établi les raisons qui me font rejeter la supposition de M. Clairaut, celles que j'ai de croire que,

bien loin qu'il ait pu donner atteinte à la loi de l'attraction , & renverser l'astronomie physique, elle me paroît au contraire demeurer dans toute sa vigueur , & avoir des forces pour aller encore bien loin , & cela sans que je prétende avoir dit, à beaucoup près, tout ce qu'on peut dire sur cette matière, à laquelle je desirerois qu'on donnât sans prévention toute l'attention qu'il faut pour la bien juger.

A D D I T I O N.

Je me suis borné à démontrer que la loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut être exprimée que par un terme, & non pas deux ou plusieurs termes; que par conséquent l'expression que M. Clairaut a voulu substituer à la loi du quarré des distances, n'est qu'une supposition qui renferme une contradiction, c'est-là le seul point auquel je me suis attaché; mais comme il paroît par sa réponse qu'il ne m'a pas assez entendu (d), je vais tâcher de rendre mes raisons plus intelligibles en les traduisant en calcul: ce sera la seule réplique que je ferai à sa réponse.

La loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut pas être exprimée par deux termes.

Ire D É M O N S T R A T I O N.

SUPPOSONS que $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$ représente l'effet de cette force par rapport à la distance x ,

(d) Voyez les Mémoires de l'Acad. des Sciences, année 1745, pages 493, 529, 551, 577 & 580.

ou, ce qui revient au même ; supposons

que $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$ qui représente la force ac-

célératrice, soit égale à une quantité donnée A pour une certaine distance ; en résolvant cette équation, la racine x fera ou imaginaire, ou bien elle ira aux deux valeurs différentes : donc à différentes distances l'attraction seroit la même, ce qui est absurde : donc la loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut pas être exprimée par deux termes. *Ce qu'il falloit démontrer.*

IIe DÉMONSTRATION.

LA même expression $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$, si x devient très grand, pourra se réduire à

$\frac{1}{x^2}$, & si x devient très petit, elle se réduira

à $\pm \frac{1}{x^4}$ de sorte que si $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4} = \frac{1}{x^2}$

l'exposant n doit être un nombre compris entre 2 & 4 : cependant ce même exposant n doit nécessairement renfermer x , puisque la quantité d'attraction doit, de façon ou d'autre, être mesurée par la distance ; cette expression prendra donc alors

une forme comme $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4} = \frac{1}{x^n}$ ou

$\frac{1}{x^{n+2}}$; donc une quantité qui doit être né-

cessairement un nombre compris entre 2

& 4, pourroit cependant devenir infinie, ce qui est absurde; donc l'attraction ne peut pas être exprimée par deux termes. *Ce qu'il falloit démontrer.*

On voit que les démonstrations feroient les mêmes contre toutes les expressions possibles qui feroient composées de plusieurs termes; donc la loi d'attraction ne peut être exprimée que par un seul terme.

SECONDE ADDITION.

Je ne voulois rien ajouter à ce que j'ai dit au sujet de la loi de l'attraction, ni faire aucune réponse au nouvel écrit de M. Clairaut (e) : mais comme je crois qu'il est utile pour les Sciences, d'établir d'une manière certaine la proposition que j'ai avancée, savoir, que la loi de l'attraction, & même toute autre loi physique, ne peut jamais être exprimée que par un seul terme, & qu'une nouvelle vérité de cette espèce peut prévenir un grand nombre d'erreurs & de fausses applications dans les Sciences Physico-mathématiques, j'ai cherché plusieurs moyens de la démontrer.

On a vu dans mon Mémoire les raisons métaphysiques par lesquelles j'établis que la mesure d'une qualité physique & générale dans la Nature est toujours simple; que la loi qui représente cette mesure, ne peut

(e) Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1745, pages 577 & 578.

donc jamais être composée ; qu'elle n'est réellement que l'expression de l'effet simple d'une qualité simple ; que l'on ne peut donc exprimer cette loi par deux termes , parce qu'une qualité qui est une , ne peut jamais avoir deux mesures. Ensuite, dans l'addition à ce Mémoire, j'ai prouvé démonstrativement cette même vérité par la réduction à l'absurde & par le calcul ; ma démonstration est vraie , car il est certain en général , que si l'on exprime la loi de l'attraction par une fonction de la distance , & que cette fonction soit composée de deux ou plusieurs termes,

comme $\frac{1}{x^m} \pm \frac{1}{x^n} \pm \frac{1}{x^r}$, &c. & que l'on

égale cette fonction à une quantité constante A pour une certaine distance, il est certain, dis-je, qu'en résolvant cette équation, la racine x aura des valeurs imaginaires dans tous les cas, & aussi des valeurs réelles, différentes dans presque tous les cas, & que ce n'est que dans quelques cas,

comme dans celui de $\frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^4} = A$, où il

y aura deux racines réelles égales, dont l'une sera positive & l'autre négative ; cette exception particulière ne détruit donc pas la vérité de ma démonstration, qui est pour une fonction quelconque ; car si en général

l'expression de la loi d'attraction est $\frac{1}{x^n} + m x$,

l'exposant n ne peut pas être négatif & plus grand que 2, puisqu'alors la pesanteur de-

viendrait infinie dans le point de contact ; l'exposant n est donc nécessairement positif , & le coefficient m doit être négatif pour faire avancer l'apogée de la Lune ; par con-

séquent le cas particulier $\frac{1}{xx} + \frac{1}{x^4}$ ne peut

jamais représenter la loi de la pesanteur : & si on se permet une fois d'exprimer cette loi par une fonction de deux termes , pourquoi le second de ces termes seroit-il nécessairement positif ? il y a , comme l'on voit , beaucoup de raisons pour que cela ne soit pas , & aucune raison pour que cela soit.

Dès le temps que M. Clairaut proposa pour la première fois de changer la loi de l'attraction & d'y ajouter un terme , j'avois senti l'absurdité qui résultoit de cette supposition , & j'avois fait mes efforts pour la faire sentir aux autres ; mais j'ai depuis trouvé une nouvelle manière de la démontrer , qui ne laissera , à ce que j'espère , aucun doute sur ce sujet important : voici mon raisonnement que j'ai abrégé autant qu'il m'a été possible.

Si la loi de l'attraction , ou telle autre loi physique que l'on voudra , pouvoit être exprimée par deux ou plusieurs termes , le

premier terme étant , par exemple , $\frac{1}{xx}$, il

seroit nécessaire que le second terme eût un coefficient indéterminé , & qu'il fût , par

exemple , $\frac{1}{mx^4}$; & de même si cette loi étoit

exprimée par trois termes, il y auroit deux coefficients indéterminés, l'un au second, & l'autre au troisième terme, &c: dès-lors cette loi d'attraction qui seroit exprimée par

deux termes $\frac{1}{xx} + \frac{1}{mx^4}$, renfermeroit donc

une quantité m qui entreroit nécessairement dans la mesure de la force.

Or je demande ce que c'est que ce coefficient m : il est clair qu'il ne dépend ni de la masse ni de la distance; que ni l'une ni l'autre ne peuvent jamais donner sa valeur; comment peut-on donc supposer qu'il y ait en effet une telle quantité physique? existe-t-il dans la Nature un coefficient comme un 4, un 5, un 6, &c. & n'y a-t-il pas de l'absurdité à supposer qu'un nombre puisse exister réellement ou qu'un coefficient puisse être une qualité essentielle à la matière? il faudroit pour cela qu'il y eût dans la Nature des phénomènes purement numériques & du même genre que ce coefficient m ; sans cela il est impossible d'en déterminer la valeur, puisqu'une quantité quelconque ne peut jamais être mesurée que par une autre quantité de même genre; il faut donc que M. Clairaut commence par nous prouver que les nombres sont des êtres réels actuellement existans dans la Nature, ou que les coefficients sont des qualités physiques, s'il veut que nous convenions avec lui que la loi d'attraction, ou toute autre loi physique, puisse être exprimée par deux ou plusieurs termes.

Si l'on veut une démonstration plus particulière, je crois qu'on peut en donner une qui sera à la portée de tout le monde, c'est que la loi de la raison inverse du quarré de la distance convient également à une sphère & à toutes les particules de matière dont cette sphère est composée. Le globe de la Terre exerce son attraction dans la raison inverse du quarré de la distance; & toutes les particules de matière dont ce globe est composé, exercent aussi leur attraction dans cette même raison, comme Newton l'a démontré : mais si l'on exprime cette loi de l'attraction d'une sphère par deux termes, la loi de l'attraction des particules qui composent cette sphère, ne sera point la même que celle de la sphère; par conséquent cette loi composée de deux termes, ne sera pas générale, ou plutôt ne sera jamais la loi de la Nature.

Les raisons métaphysiques, mathématiques & physiques s'accordent donc toutes à prouver que la loi de l'attraction ne peut être exprimée que par un seul terme, & jamais par deux ou plusieurs termes : c'est la proposition que j'ai avancée & que j'avois à démontrer.





INTRODUCTION

A L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

DEPUIS vingt-cinq ans que j'ai jeté sur le papier mes idées sur la théorie de la Terre, & sur la nature des matieres minérales dont le globe est principalement composé, j'ai eu la satisfaction de voir cette théorie confirmée par le témoignage unanime des Navigateurs, & par de nouvelles observations que j'ai eu soin de recueillir; il m'est aussi venu dans ce long espace de temps quelques pensées neuves, dont j'ai cherché à constater la valeur & la réalité par des expériences : de nouveaux faits acquis par ces expériences; des rapports plus ou moins éloignés tirés de ces mêmes faits; des réflexions en conséquence, le tout lié à mon système général, & dirigé par une vue constante vers les grands objets de la Nature, voilà ce que je crois devoir présenter aujourd'hui à mes Lecteurs; surtout à ceux qui m'ayant honoré de leur suffrage, aiment assez l'Histoire naturelle, pour cher-

cher avec moi les moyens de l'étendre & de l'approfondir.

Je commencerai par la partie expérimentale de mon travail, parce que c'est sur les résultats de mes expériences que j'ai fondé tous mes raisonnemens, & que les idées même les plus conjecturales & qui pourroient paroître trop hasardées, ne laissent pas d'y tenir par des rapports qui seront plus ou moins sensibles à des yeux plus ou moins attentifs, plus ou moins exercés, mais qui n'échapperont pas à l'esprit de ceux qui savent évaluer la force des inductions, & apprécier la valeur des analogies.

Et comme il s'est écoulé bien des années depuis que j'ai commencé de publier mon ouvrage sur l'Histoire naturelle, & que le nombre des volumes s'est beaucoup augmenté, j'ai cru que pour ne pas rendre mon livre trop à charge au public, je devois m'interdire la liberté d'en donner une nouvelle édition corrigée & augmentée; aussi dans le grand nombre de réimpressions qui se sont faites de cet ouvrage, il n'y a pas eu un seul mot de changé. Pour ne pas rendre aujourd'hui toutes ces éditions superflues, j'ai pris le parti de mettre en deux ou trois volumes de supplément, les corrections, additions, développemens & explications que j'ai jugé nécessaires à l'intelligence des sujets que j'ai traités. Ces supplémens contiendront beaucoup de choses nouvelles & d'autres plus anciennes, dont quelques-unes ont été imprimées,

soit dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, soit ailleurs ; je les ai divisés par parties relatives aux différens objets de l'histoire de la Nature, & j'en ai formé plusieurs Mémoires qui peuvent être lûs indépendamment les uns des autres, mais que j'ai seulement rapprochés selon l'ordre des matieres.





PREMIER MÉMOIRE.

Expériences sur les progrès de la chaleur dans les corps.

J'AI fait faire dix boulets de fer forgé & battu :

	pouces.
Le premier d'un demi-pouce de diamètre.	$\frac{1}{2}$
Le second d'un pouce..	1
Le troisième d'un pouce & demi	$1 \frac{1}{2}$
Le quatrième de deux pouces	2
Le cinquième de deux pouces & demi.	$2 \frac{1}{2}$
Le sixième de trois pouces.	3
Le septième de trois pouces & demi.	$3 \frac{1}{2}$
Le huitième de quatre pouces	4
Le neuvième de quatre pouces & demi.	$4 \frac{1}{2}$
Le dixième de cinq pouces	5

Ce fer venoit de la forge de Chameçon près Châtillon-sur-Seine ; & comme tous les boulets ont été faits du fer de cette même forge , leurs poids se sont trouvés à très peu près proportionnels aux volumes.

Le boulet d'un demi-pouce pesoit 190 grains ;
ou 2 gros 46 grains.
Le boulet d'un pouce pesoit 1522 grains ,
ou 2 onces 5 gros 10 grains,

- Le boulet d'un pouce $\frac{1}{2}$ pesoit 5136 grains ,
ou 8 onces 7 gros 24 grains
- Le boulet de deux pouces pesoit 12173 grains ,
ou 1 livre 5 onces 1 gros 5 grains.
- Le boulet de deux pouces $\frac{1}{2}$ pesoit 23781 grains ,
ou 2 livres 9 onces 2 gros 21 grains.
- Le boulet de trois pouces pesoit 41085 grains ,
ou 4 livres 7 onces 2 gros 45 grains.
- Le boulet de trois pouces $\frac{1}{2}$ pesoit 65254 grains ,
ou 7 livres 1 once 2 gros 22 grains.
- Le boulet de 4 pouces pesoit 97388 grains ,
ou 10 livres 9 onces 44 grains.
- Le boulet de 4 pouces $\frac{1}{2}$ pesoit 138179 grains ,
ou 14 livres 15 onces 7 gros 11 grains.
- Le boulet de 5 pouces pesoit 190211 grains ,
ou 20 livres 10 onces 1 gros 59 grains.

Tous ces poids ont été pris juste avec de très bonnes balances , en faisant limer peu-à-peu ceux des boulets qui se sont trouvés un peu trop forts.

Avant de rapporter les expériences j'observerai :

1°. Que pendant tout le temps qu'on les a faites , le thermomètre exposé à l'air libre étoit à la congélation ou à quelques degrés au-dessous (*a*) ; mais qu'on a laissé refroidir les boulets dans une cave où le thermomètre étoit à-peu-près à dix degrés au-dessus de la congélation , c'est-à-dire , au degré de la température des caves de l'Ob-

(*a*) Division de Reaumur.

servatoire ;

fervatoire ; & c'est ce degré que je prends ici pour celui de la température actuelle de la Terre.

2°. J'ai cherché à faisir deux instans dans le refroidissement , le premier où les boulets cessoient de brûler , c'est-à-dire , le moment où on pouvoit les toucher & les tenir avec la main pendant une seconde , sans se brûler ; le second temps de ce refroidissement étoit celui où les boulets se sont trouvés refroidis jusqu'au point de la température actuelle , c'est-à-dire , à 10 degrés au-dessus de la congélation. Et pour connoître le moment de ce refroidissement jusqu'à la température actuelle , on s'est servi d'autres boulets de comparaison de même matiere & de mêmes diamètres qui n'avoient pas été chauffés , & que l'on touchoit en même temps que ceux qui avoient été chauffés. Par cet attouchement immédiat & simultané de la main ou des deux mains sur les deux boulets , on pouvoit juger assez bien du moment où ces boulets étoient également froids ; cette maniere simple est non-seulement plus aisée que le thermomètre qu'il eût été difficile d'appliquer ici , mais elle est encore plus précise , parce qu'il ne s'agit que de juger de l'égalité & non pas de la proportion de la chaleur , & que nos sens sont meilleurs juges que les instrumens de tout ce qui est absolument égal ou parfaitement semblable. Au reste , il est plus aisé de reconnoître l'instant où les boulets cessent de brûler que celui où ils se sont refroidis à la tempéra-

ture actuelle, parce qu'une sensation vive est toujours plus précise qu'une sensation tempérée, attendu que la première nous affecte d'une manière plus forte.

3°. Comme le plus ou le moins de poli ou de brut sur le même corps fait beaucoup à la sensation du toucher, & qu'un corps poli semble être plus froid s'il est froid, & plus chaud s'il est chaud, qu'un corps brut de même matière, quoiqu'ils le soient tous deux également, j'ai eu soin que les boulets froids fussent bruts & semblables à ceux qui avoient été chauffés dont la surface étoit semée de petites éminences produites par l'action du feu.

EXPÉRIENCES.

I.

Le boulet d'un demi-pouce a été chauffé à blanc en 2 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 12 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 39 minutes.

II.

Le boulet d'un pouce a été chauffé à blanc en 5 minutes $\frac{1}{2}$.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 35 minutes $\frac{1}{2}$.

Refroidi au point de la température actuelle en 1 heure 33 minutes.

III.

Le boulet d'un pouce & demi a été chauffé à blanc en 9 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 58 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 2 heures 25 minutes.

IV.

Le boulet de deux pouces a été chauffé à blanc en 13 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 1 heure 20 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 3 heures 16 minutes.

V.

Le boulet de deux pouces & demi a été chauffé à blanc en 16 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en une heure 42 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 4 heures 30 minutes.

VI.

Le boulet de trois pouces a été chauffé à blanc en 19 minutes $\frac{1}{2}$.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 2 heures 7 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 5 heures 8 minutes.

VII.

Le boulet de trois pouces & demi a été chauffé
à blanc en 23 minutes $\frac{1}{2}$.
Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main
en 2 heures 36 minutes.
Refroidi au point de la température actuelle en
5 heures 56 minutes.

VIII.

Le boulet de quatre pouces a été chauffé à blanc
en 27 minutes $\frac{1}{2}$.
Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main
en 3 heures 2 minutes.
Refroidi au point de la température actuelle en
6 heures 55 minutes.

IX.

Le boulet de 4 pouces & demi a été chauffé à
blanc en 31 minutes.
Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main
en trois heures 25 minutes.
Refroidi au point de la température actuelle en
7 heures 46 minutes.

X.

Le boulet de 5 pouces a été chauffé à blanc
en 34 minutes.
Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main
en 3 heures 52 minutes.
Refroidi au point de la température actuelle en
8 heures 42 minutes.

La différence la plus constante que l'on puisse prendre entre chacun des termes qui expriment le temps du refroidissement, depuis l'instant où l'on tire les boulets du feu, jusqu'à celui où on peut les toucher sans se brûler, se trouve être de vingt-quatre minutes; car en supposant chaque terme augmenté de vingt-quatre, on aura

12', 36', 60', 84', 108', 132', 156', 180', 204', 228'.

Et la suite des temps réels de ces refroidissemens trouvés par les expériences précédentes, est

12', 35½', 58', 80', 102', 127', 156', 182', 205', 232'.

Ce qui approche de la première autant que l'expérience peut approcher du calcul.

De même la différence la plus constante que l'on puisse prendre entre chacun des termes du refroidissement jusqu'à la température actuelle, se trouve être de 54 minutes; car en supposant chaque terme augmenté de 54, on aura

39', 93', 147', 201', 255', 309', 363', 417', 471', 525'.

Et la suite des temps réels de ce refroidissement, trouvés par les expériences précédentes, est

39', 93', 145', 196', 248', 308', 356', 415', 466', 522'.

Ce qui approche aussi beaucoup de la première suite supposée.

J'ai fait une seconde & une troisième fois les mêmes expériences sur les mêmes boulets; mais j'ai vu que je ne pouvois compter que

sur les premières, parce que je me suis aperçu qu'à chaque fois qu'on chauffoit les boulets, ils perdoient considérablement de leur poids; car

Le boulet d'un demi-pouce après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu environ la dix-huitième partie de son poids.

Le boulet d'un pouce après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu environ la seizième partie de son poids.

Le boulet d'un pouce & demi après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu la quinzième partie de son poids.

Le boulet de deux pouces après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à-peu-près la quatorzième partie de son poids.

Le boulet de deux pouces & demi après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à-peu-près la treizième partie de son poids.

Le boulet de trois pouces après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à-peu-près la treizième partie de son poids.

Le boulet de trois pouces & demi après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu encore un peu plus de la treizième partie de son poids.

Le boulet de quatre pouces après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu la douzième partie & demie de son poids.

Le boulet de quatre pouces & demi après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu un peu plus de la douzième partie & demie de son poids.

Le boulet de cinq pouces après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à très peu près la

douzième partie de son poids ; car il pesoit, avant d'avoir été chauffé, 20 livres 10 onces 1 gros 59 grains (a).

On voit que cette perte sur chacun des boulets est extrêmement considérable, & qu'elle paroît aller en augmentant à mesure que les boulets sont plus gros ; ce qui vient, à ce que je présume, de ce que l'on est obligé d'appliquer le feu violent d'autant plus long-temps que les corps sont plus grands ; mais en tout, cette perte de poids non seulement est occasionnée par le détachement des parties de la surface qui se réduisent en scories & qui tombent dans le feu, mais encore par une espèce de dessèchement ou de calcination intérieure qui diminue la pesanteur des parties constituantes du fer ; en sorte qu'il paroît que le feu violent rend le fer spécifiquement plus léger à chaque fois

(a) Je n'ai pas eu occasion de faire les mêmes expériences sur des boulets de fonte de fer ; mais M. de Montbeillard Lieutenant-Colonel du régiment Royal-Artillerie, m'a communiqué la note suivante qui y supplée parfaitement. On a pesé plusieurs boulets avant de les chauffer, qui se sont trouvés du poids de vingt-sept livres & plus. Après l'opération ils ont été réduits à vingt-quatre livres & un quart & vingt-quatre livres & demie. On a vérifié sur une grande quantité de boulets, que plus on les a chauffés, & plus ils ont augmenté de volume & diminué de poids ; enfin sur quarante mille boulets chauffés & rapés pour les réduire au calibre des canons, on a perdu dix mille, c'est-à-dire, un quart ; en sorte qu'à tous égards cette pratique est mauvaise.

qu'on le chauffe. Au reste , j'ai trouvé par des expériences ultérieures , que cette diminution de pesanteur varie beaucoup , selon la différente qualité du fer.

Ayant donc fait faire six nouveaux boulets depuis un demi-pouce jusqu'à trois pouces de diamètre , & du même poids que les premiers ; j'ai trouvé les mêmes progressions tant pour l'entrée que pour la sortie de la chaleur , & je me suis assuré que le fer s'échauffe & se refroidit en effet comme je viens de l'exposer.

Un passage de Newton (b) a donné naissance à ces expériences.

Globus ferri candentis , digitum unum latus , calorem suum omnem spatio horæ unius in aëre consistens , vix amitteret. Globus autem major calorem diutius conservaret in ratione diametri , propterea quòd superficies (ad cujus mensuram per contactum aëris ambientis refrigeratur) in illâ ratione minor est pro quantitate materiæ suæ calidæ inclusæ. Idèdque globus ferri candentis huic terræ æqualis , id est pedes plus minus 40000000 latus , diebus totidem & idcirco annis 50000 , vix refrigeraret. Suspicio tamen quòd duratio caloris ob causas latentes augeatur in minori ratione quàm eâ diametri ; & optatim rationem veram per experimenta investigari.

Newton desiroit donc qu'on fît les expériences que je viens d'exposer , & je me suis déterminé à les tenter non-seulement parce que j'en avois besoin pour des vues sem-

(b) Princip. mathém. Lond. 1726 , pag. 509.

blables aux fiennes, mais encore parce que j'ai cru m'appercevoir que ce grand homme pouvoit s'être trompé en disant que la durée de la chaleur devoit n'augmenter, par l'effet des causes cachées, qu'en *moindre* raison que celle du diamètre; il m'a paru au contraire en y réfléchissant, que ces causes cachées ne pouvoient que rendre cette raison plus grande au lieu de la faire plus petite.

Il est certain, comme le dit Newton, qu'un globe plus grand conserveroit sa chaleur plus long-temps qu'un plus petit en raison du diamètre, si on supposoit ces globes composés d'une matiere parfaitement perméable à la chaleur; en sorte que la sortie de la chaleur fût absolument libre, & que les particules ignées ne trouvaient aucun obstacle qui pût les arrêter ni changer le cours de leur direction: ce n'est que dans cette supposition mathématique, que la durée de la chaleur seroit en effet en raison du diamètre; mais les causes cachées dont parle Newton, & dont les principales sont les obstacles qui résultent de la perméabilité non absolue, imparfaite & inégale de toute matiere solide, au lieu de diminuer le temps de la durée de la chaleur, doivent au contraire l'augmenter; cela m'a paru si clair, même avant d'avoir tenté mes expériences, que je serois porté à croire que Newton, qui voyoit clair aussi jusque dans les choses même qu'il ne faisoit que soupçonner, n'est pas tombé dans cette erreur, & que le mot *mi-*

nori ratione au lieu de *majori*, n'est qu'une faute de sa main ou de celle d'un copiste, qui s'est glissée dans toutes les éditions de son ouvrage, du moins dans toutes celles que j'ai pu consulter : ma conjecture est d'autant mieux fondée, que Newton paroît dire ailleurs précisément le contraire de ce qu'il dit ici ; c'est dans la onzième question de son *Traité d'Optique* (d) ; » les corps d'un grand » volume, dit-il, ne conservent-ils pas plus » long-temps (*Nota. Ce mot PLUS LONG-TEMPS ne peut signifier ici qu'en raison plus grande que celle du diamètre*) » leur chaleur, parce » que leurs parties s'échauffent réciproquement ? & un corps vaste, dense & fixe » étant une fois échauffé au-delà d'un certain degré, ne peut-il pas jeter de la lumière en telle abondance, que par l'émission & la réaction de sa lumière, par les réflexions & les réfractions de ses rayons au-dedans de ses pores, il devienne toujours plus chaud jusqu'à ce qu'il parvienne à un certain degré de chaleur qui égale la chaleur du Soleil ? & le Soleil & les Etoiles fixes, ne sont-ce pas de vastes terres violemment échauffées dont la chaleur se conserve par la grosseur de ces corps, & par l'action & la réaction réciproque entr'eux & la lumière qu'ils jettent, leurs parties étant d'ailleurs empêchées de s'évaporer en fumée non-seulement par leur

(d) Traduction de Coste.

» fixité , mais encore par le vaste poids
 » & la grande densité des atmosphères qui
 » pesant de tous côtés , les compriment très
 » fortement & condensent les vapeurs & les
 » exhalaisons qui s'élèvent de ces corps-
 » là ? »

Par ce passage , on voit que Newton , non-seulement est ici de mon avis sur la durée de la chaleur qu'il suppose en raison plus grande que celle du diamètre , mais encore qu'il renchérit beaucoup sur cette augmentation , en disant qu'un grand corps , par cela même qu'il est grand , peut augmenter sa chaleur.

Quoi qu'il en soit , l'expérience a pleinement confirmé ma pensée. La durée de la chaleur , ou , si l'on veut , le temps employé au refroidissement du fer , n'est point en plus petite , mais en plus grande raison que celle du diamètre : il n'y a , pour s'en assurer , qu'à comparer les progressions suivantes.

D I A M E T R E S .

1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 , 10 demi-pouces.

Temps du premier refroidissement , supposés en raison du diamètre.

12' , 24' , 36' , 48' , 60' , 72' , 84' , 96' , 108' , 120 minutes.

Temps réels de ce refroidissement , trouvés par l'expérience.

12' , 35' $\frac{1}{2}$, 58' , 80' , 102' , 127' , 156' , 182' , 205 , 232 .

Temps du second refroidissement, supposés en raison du diamètre.

39', 78', 117', 156', 195', 234', 273', 312', 351', 390'.

Temps réels de ce second refroidissement, trouvés par l'expérience.

39', 93', 145', 196', 248', 308', 356', 415', 466', 522'.

On voit, en comparant ces progressions terme à terme, que dans tous les cas la durée de la chaleur non-seulement n'est pas en raison plus petite que celle du diamètre (comme il est écrit dans Newton), mais qu'au contraire cette durée est en raison considérablement plus grande.

Le docteur Martine, qui a fait un bon ouvrage sur les thermomètres, rapporte ce passage de Newton, & il dit qu'il avoit commencé de faire quelques expériences qu'il se proposoit de pousser plus loin; qu'il croit que l'opinion de Newton est conforme à la vérité, & que les corps semblables conservent en effet la chaleur dans la proportion de leurs diamètres; mais que quant au doute que Newton forme, si dans les grands corps cette proportion n'est pas moindre que celle des diamètres, il ne le croit pas suffisamment fondé. Le docteur Martine avoit raison à cet égard; mais en même temps il avoit tort de croire d'après Newton, que tous les corps semblables, solides ou fluides, conservent leur chaleur en raison de leurs diamètres; il rapporte à la vérité des expériences faites avec de l'eau dans des vases

de porcelaine, par lesquelles il trouve que les temps du refroidissement de l'eau sont presque proportionnels aux diamètres des vases qui la contiennent; mais nous venons de voir que c'est par cette raison même que dans les corps solides la chose se passe différemment, car l'eau doit être regardée comme une matière presque entièrement perméable à la chaleur, puisque c'est un fluide homogène, & qu'aucunes de ses parties ne peuvent faire obstacle à la circulation de la chaleur: ainsi, quoique les expériences du docteur Martine donnent à-peu-près la raison du diamètre pour le refroidissement de l'eau, on ne doit en rien conclure pour le refroidissement des corps solides.

Maintenant si l'on vouloit chercher avec Newton combien il faudroit de temps à un globe gros comme la terre pour se refroidir, on trouveroit d'après les expériences précédentes qu'au lieu de cinquante mille ans qu'il assigne pour le temps du refroidissement de la Terre jusqu'à la température actuelle, il faudroit déjà quarante-deux mille neuf cent soixante-quatre ans & deux cent vingt-un jours pour la refroidir seulement jusqu'au point où elle cesseroit de brûler, & quatre-vingt-seize mille six cent soixante-dix ans & cent trente-deux jours pour la refroidir à la température actuelle.

Car la suite des diamètres des globes étant 1, 2, 3, 4, 5..... *N* demi-pouces, celle des temps du refroidissement jusqu'à pouvoir toucher les globes sans se brûler, fera

12, 36, 60, 84, 108... 24 N --- 12 minutes.
Et le diamètre de la Terre étant de 2865
lieues, de 25 au degré, ou de 6537930 toises
de 6 pieds :

En faisant la lieue de 2282 toises,
ou de.... 39227580 pieds,
ou de... 941461920 demi-pouces,
Nous avons $N = 941461920$ demi-pouces.

Et 24 N --- 12 = 22595086068 min. c'est-à-dire, quarante-deux mille neuf cent soixante-quatre ans & deux cent vingt-un jours pour le temps nécessaire au refroidissement d'un globe gros comme la terre, seulement jusqu'au point de pouvoir le toucher sans se brûler.

Et de même la suite des temps du refroidissement jusqu'à la température actuelle, fera

39', 93', 147', 201', 255' ... 54 N --- 15'.

Et comme N est toujours = 941461920 demi-pouces, nous aurons 54 N --- 15 = 50838943662 minutes, c'est-à-dire, quatre-vingt-seize mille six cent soixante-dix ans & cent trente-deux jours pour le temps nécessaire au refroidissement d'un globe gros comme la terre, au point de la température actuelle.

Seulement on pourroit croire que celui du refroidissement de la terre devoit encore être considérablement augmenté, parce que l'on imagine que le refroidissement ne s'opère que par le contact de l'air, & qu'il y a une grande différence entre le temps du refroidissement dans l'air & le temps du refroidissement dans le vide; & comme l'on

doit supposer que la terre & l'air se feroient en même temps refroidis dans le vide , on dira qu'il faut faire état de ce surplus de temps : mais il est aisé de faire voir que cette différence est très peu considérable ; car quoique la densité du milieu dans lequel un corps se refroidit , fasse quelque chose sur la durée du refroidissement , cet effet est bien moindre qu'on ne pourroit l'imaginer , puisque dans le mercure , qui est onze mille fois plus dense que l'air , il ne faut pour refroidir les corps qu'on y plonge , qu'environ neuf fois autant de temps qu'il en faut pour produire le même refroidissement dans l'air.

La principale cause du refroidissement n'est donc pas le contact du milieu ambiant , mais la force expansive qui anime les parties de la chaleur & du feu , qui les chasse hors des corps où elles résident , & les pousse directement du centre à la circonférence.

En comparant , dans les expériences précédentes , les temps employés à chauffer les globes de fer , avec les temps nécessaires pour les refroidir , on verra qu'il faut environ la sixième partie & demie du temps pour les chauffer à blanc , de ce qu'il en faut pour les refroidir au point de pouvoir les tenir à la main , & environ la quinzième partie & demie du temps qu'il faut pour les refroidir au point de la température actuelle (e) ; en

(e) *Nota.* Le boulet d'un pouce & celui d'un demi-pouce surtout , ont été chauffés en bien moins de temps , & ne suivent point cette proportion de quinze & demi à

forte qu'il y a encore une très grande correction à faire dans le texte de Newton, sur l'estime qu'il fait de la chaleur que le Soleil a communiquée à la comète de 1680; car cette comète n'ayant été exposée à la violente chaleur du Soleil que pendant un petit temps, elle n'a pu la recevoir qu'en proportion de ce temps, & non pas en entier, comme Newton paroît le supposer dans le passage que je vais rapporter.

Est calor Solis ut radiorum densitas, hoc est reciproce ut quadratum distantiae locorum à Sole. Ideoque cum distantia cometæ à centro Solis Decemb. 8, ubi in perihelio versabatur, esset ad distantiam terræ à centro Solis ut 6 ad 1000 circiter, calor Solis apud cometam eo tempore erat ad calorem Solis æstivi apud nos ut 1000000 ad 36, seu 28000 ad 1. Sed calor aquæ ebullientis est quasi triplø major quàm calor quem terra arida concipit ad æstivum Solem, ut expertus sum, &c. Calor ferri candentis (si rectè conjector) quasi triplø vel quadruplø major quàm calor aquæ ebullientis; ideoque calor quem terra arida apud cometam in perihelio versantem ex radiis solaribus concipere posset, quasi 2000 vicibus major quàm calor ferri candentis. Tanto autem calore vapores & exhalationes, omnisque materia volatilis statim consumitur ac dissipari debuissent.

un; & c'est par la raison qu'étant très petits & placés dans un grand feu, la chaleur les pénétroit, pour ainsi dire, tout-à-coup; mais à commencer par les boulets d'un pouce & demi de diamètre, la proportion que j'établis ici se trouve assez exacte pour qu'on puisse y compter.

Cometa igitur in perihelio suo calorem immensum ad solem concepit, & calorem illum diutissime conservare potest.

Je remarquerai d'abord que Newton fait ici la chaleur du fer rougi beaucoup moindre qu'elle n'est en effet, & qu'il le dit lui-même dans un Mémoire qui a pour titre, *Echelle de la chaleur*, & qu'il a publié dans les *Transactions philosophiques* de 1701, c'est-à-dire, plusieurs années après la publication de son *Livre des Principes*. On voit dans ce Mémoire qui est excellent, & qui renferme le germe de toutes les idées sur lesquelles on a depuis construit les thermomètres; on y voit, dis-je, que Newton, après des expériences très exactes, fait la chaleur de l'eau bouillante trois fois plus grande que celle du Soleil d'été, celle de l'étain fondant six fois plus grande, celle du plomb fondant huit fois plus grande, celle du régule fondant douze fois plus grande, & celle d'un feu de cheminée ordinaire, seize ou dix-sept fois plus grande que celle du Soleil d'été; & de-là on ne peut s'empêcher de conclure que la chaleur du fer rougi à blanc ne soit encore bien plus grande, puisqu'il faut un feu constamment animé par le soufflet pour chauffer le fer à ce point. Newton paroît lui-même le sentir, & donner à entendre que cette chaleur du fer rougi paroît être sept ou huit fois plus grande que celle de l'eau bouillante; ainsi il faut, suivant Newton lui-même, changer trois mots au passage précédent, & lire, *calor ferri candentis est quasi triplò (septuplò) vel quadruplò (octuplò) major quàm calor aquæ ebul-*

lientis ; ideòque calor apud Cometam in perihelio versantem quasi 2000 (1000) vicibus major quàm calor ferri candentis. Cela diminue de moitié la chaleur de cette Comète , comparée à celle du fer rougi à blanc.

Mais cette diminution qui n'est que relative , n'est rien en elle-même , ni rien en comparaison de la diminution réelle & très grande qui résulte de notre première considération ; il faudroit pour que la Comète eût reçu cette chaleur mille fois plus grande que celle du fer rougi , qu'elle eût séjourné pendant un temps très long dans le voisinage du Soleil , au lieu qu'elle n'a fait que passer très rapidement , surtout à la plus petite distance , sur laquelle seule néanmoins Newton établit son calcul de comparaison. Elle étoit le 8 Décembre 1680 à $\frac{6}{1000}$ de la distance de la Terre au centre du Soleil ; mais la veille ou le lendemain , c'est-à-dire , vingt-quatre heures avant & vingt-quatre heures après , elle étoit déjà à une distance six fois plus grande , & où la chaleur étoit par conséquent trente-six fois moindre.

Si l'on vouloit donc connoître la quantité de cette chaleur communiquée à la Comète par le Soleil , voici comment on pourroit faire cette estimation assez juste , & en faire en même temps la comparaison avec celle du fer ardent , au moyen de mes expériences.

Nous supposerons comme un fait que cette Comète a employé six cent soixante-six heures à descendre du point où elle étoit encore éloignée du Soleil d'une distance éga-

le à celle de la Terre à cet astre, auquel point la Comète recevoit par conséquent une chaleur égale à celle que la Terre reçoit du Soleil, & que je prends ici pour l'unité; nous supposerons de même que la Comète a employé six cent soixante-six autres heures à remonter du point le plus bas de son périhélie à cette même distance; & supposant aussi son mouvement uniforme, on verra que la Comète étant au point le plus bas de son périhélie, c'est-à-dire, à $\frac{6}{1000}$ de distance de la Terre au soleil, la chaleur qu'elle a reçue dans ce moment étoit vingt-sept mille sept cent soixante-seize fois plus grande que celle que reçoit la Terre; en donnant à ce moment une durée de 80 minutes, savoir, 40 minutes en descendant, & 40 minutes en montant; on aura :

A 6 de distance, 27776 de chaleur pendant 80 minutes.

A 7 de distance, 20408 de chaleur aussi pendant 80 minutes.

A 8 de distance, 15625 de chaleur toujours pendant 80 minutes, & ainsi de suite jusqu'à la distance 1000 où la chaleur est 1. En sommant toutes les chaleurs à chaque distance, on trouvera 363410 pour le total de la chaleur que la Comète a reçue du Soleil, tant en descendant qu'en remontant, qu'il faut multiplier par le temps, c'est-à-dire, par $\frac{4}{3}$ d'heure; on aura donc 484547 qu'on divisera par 2000 qui représente la chaleur totale que la Terre a reçue dans ce même temps de 1332 heures, puisque la distance est toujours 1000, & la chaleur toujours = 1;

ainfi l'on aura $242 \frac{547}{2000}$ pour la chaleur que la Comète a reçue de plus que la Terre pendant tout le temps de fon périhélie, au lieu de 28000 comme Newton le fuppoſe, parce qu'il ne prend que le point extrême, & ne fait nulle attention à la très petite durée du temps.

Et encore faudroit-il diminuer cette chaleur $242 \frac{547}{2000}$, parce que la Comète parcourroit, par fon accélération, d'autant plus de chemin dans le même temps qu'elle étoit plus près du Soleil.

Mais en négligeant cette diminution, & en admettant que la Comète a en effet reçu une chaleur à-peu-près deux cent quarantedeux fois plus grande que celle de notre Soleil d'été, & par conféquent $17 \frac{2}{7}$ fois plus grande que celle du fer ardent, fuivant l'eſtime de Newton, ou ſeulement dix fois plus grande fuivant la correction qu'il faut faire à cette eſtime; on doit ſuppoſer que pour donner une chaleur dix fois plus grande que celle du fer rougi, il faudroit dix fois plus de temps, c'eſt-à-dire, 13320 heures au lieu de 1332. Par conféquent on peut comparer à la Comète un globe de fer qu'on auroit chauffé à un feu de forge pendant 13320 heures pour pouvoir le rougir à blanc.

Or, on voit par mes expériences que la fuite des temps néceſſaires pour chauffer des globes dont les diamètres croiſſent, comme

1, 2, 3, 4, 5, n demi-pouces, eſt à très peu près

$$2, 5\frac{1}{2}, 9, 12\frac{1}{2}, 16 \dots \frac{7^n-3}{2} \text{ min.}$$

$$\text{On aura donc } \frac{7^n-3}{2} = 799200 \text{ min.}$$

D'où l'on tirera $n = 228342$ demi-pouces.

Ainsi avec le feu de forge on ne pourroit chauffer à blanc en 799200 min. ou 13320 heures, qu'un globe dont le diamètre seroit de 228342 demi-pouces, & par conséquent il faudroit pour que toute la masse de la Comète soit échauffée au point du fer rougi à blanc, pendant le peu de temps qu'elle a été exposée aux ardeurs du Soleil, qu'elle n'eût eu que 228342 demi-pouces de diamètre, & supposer encore qu'elle eût été frappée de tous côtés & en même temps par la lumière du Soleil. D'où il résulte que si on la suppose plus grande, il faut nécessairement supposer plus de temps dans la même

raison de n à $\frac{7^n-3}{2}$; en sorte, par exemple,

que si l'on veut supposer la Comète égale à la Terre, on aura $n = 941461920$ demi-

pouces, & $\frac{7^n-3}{2} = 3295116718$ minutes;

c'est-à-dire, qu'au lieu de 13320 heures, il en faudroit 54918612, ou si l'on veut, au lieu d'un an 190 jours, il faudroit 6269 ans pour chauffer à blanc un globe gros comme la Terre; & par la même raison il faudroit que la Comète, au lieu de n'avoir séjourné que 1332 heures ou 55 jours 12 heures dans

tout son périhélie , y eût demeuré pendant 392 ans. Ainsi les Comètes , lorsqu'elles approchent du soleil , ne reçoivent pas une chaleur immense , ni très long-temps durable , comme le dit Newton , & comme on feroit porté à le croire à la première vue ; leur séjour est si court dans le voisinage de cet astre , que leur masse n'a pas le temps de s'échauffer , & qu'il n'y a guere que la partie de la surface exposée au soleil qui soit brûlée par ces instans de chaleur extrême , laquelle en calcinant & volatilifant la matière de cette surface , la chasse au-dehors en vapeurs & en poussière du côté opposé au Soleil ; & ce qu'on appelle *la queue d'une Comète* , n'est autre chose que la lumière même du Soleil rendue sensible , comme dans une chambre obscure , par ces atomes que la chaleur pousse d'autant plus loin qu'elle est plus violente.

Mais une autre considération bien différente de celle-ci & encore plus importante , c'est que pour appliquer le résultat de nos expériences & de notre calcul à la Comète & à la Terre , il faut les supposer composées de matières qui demanderoient autant de temps que le fer pour se refroidir ; tandis que dans le réel les matières principales dont le globe terrestre est composé , telles que les glaises , les grès , les pierres , &c. doivent se refroidir en bien moins de temps que le fer.

Pour me satisfaire sur cet objet , j'ai fait faire des globes de glaise & de grès , & les ayant fait chauffer à la même forge jusqu'à

les faire rougir à blanc, j'ai trouvé que les boulets de glaise de deux pouces se sont refroidis au point de pouvoir les tenir dans la main en trente-huit minutes, ceux de deux pouces & demi en quarante-huit minutes, & ceux de trois pouces en soixante minutes; ce qui étant comparé avec le temps du refroidissement des boulets de fer de ces mêmes diamètres de deux pouces, deux pouces & demi & trois pouces, donne les rapports de 38 à 80 pour deux pouces, 48 à 102 pour deux pouces & demi, & 60 à 127 pour trois pouces, ce qui fait un peu moins de 1 à 2; en sorte que pour le refroidissement de la glaise, il ne faut pas la moitié du temps qu'il faut pour celui du fer.

J'ai trouvé de même que les globes de grès de deux pouces se sont refroidis au point de les tenir dans la main en quarante-cinq minutes, ceux de deux pouces & demi en cinquante-huit minutes, & ceux de trois pouces en soixante-quinze minutes; ce qui étant comparé avec le temps du refroidissement des boulets de fer de ces mêmes diamètres, donne les rapports de 46 à 80 pour deux pouces, de 58 à 102 pour deux pouces & demi, & de 75 à 127 pour trois pouces, ce qui fait à très peu près la raison de 9 à 5; en sorte que pour le refroidissement du grès, il faut plus de la moitié du temps qu'il faut pour celui du fer.

J'observerai au sujet de ces expériences, que les globes de glaise chauffés à feu blanc, ont perdu de leur pesanteur encore plus que les boulets de fer, & jusqu'à la neuvième ou

dixième partie de leur poids ; au lieu que le grès chauffé au même feu, ne perd presque rien du tout de son poids, quoique toute la surface se couvre d'émail & se réduise en verre. Comme ce petit fait m'a paru singulier, j'ai répété l'expérience plusieurs fois, en faisant même pousser le feu & le continuer plus long-temps que pour le fer ; & quoiqu'il ne fallût guere que le tiers du temps pour rougir le grès, de ce qu'il en falloit pour rougir le fer, je l'ai tenu à ce feu le double & le triple du temps, pour voir s'il perdrait davantage, & je n'ai trouvé que de très légères diminutions ; car le globe de deux pouces, chauffé pendant huit minutes, qui pesoit sept onces deux gros trente grains avant d'être mis au feu, n'a perdu que quarante-un grains, ce qui ne fait pas la centième partie de son poids ; celui de deux pouces & demi, qui pesoit quatorze onces deux gros huit grains, ayant été chauffé pendant douze minutes, n'a perdu que la cent cinquante-quatrième partie de son poids ; & celui de trois pouces qui pesoit vingt-quatre onces cinq gros treize grains, ayant été chauffé pendant dix-huit minutes, c'est-à-dire, à-peu-près autant que le fer, n'a perdu que soixante-dix-huit grains, ce qui ne fait que la cent quatre-vingt-unième partie de son poids. Ces pertes sont si petites qu'on pourroit les regarder comme nulles, & assurer en général que le grès pur ne perd rien de sa pesanteur au feu ; car il m'a paru que ces petites diminutions que je viens de rapporter, ont été occasionnées par les parties

ties ferrugineuses qui se sont trouvées dans ces grès, & qui ont été en partie détruites par le feu.

Une chose plus générale & qui mérite bien d'être remarquée, c'est que les durées de la chaleur dans différentes matieres exposées au même feu pendant un temps égal, sont toujours dans la même proportion, soit que le degré de chaleur soit plus grand ou plus petit; en sorte, par exemple, que si on chauffe le fer, le grès & la glaise à un feu violent, & tel qu'il faille quatre-vingt minutes pour refroidir le fer au point de pouvoir le toucher, quarante-six minutes pour refroidir le grès au même point, & trente-huit pour refroidir la glaise; & qu'à une chaleur moindre il ne faille, par exemple, que dix-huit minutes pour refroidir le fer à ce même point de pouvoir le toucher avec la main, il ne faudra proportionnellement qu'un peu plus de dix minutes pour refroidir le grès, & environ huit minutes & demie pour refroidir la glaise à ce même point.

J'ai fait de semblables expériences sur des globes de marbre, de pierre, de plomb & d'étain, à une chaleur telle seulement que l'étain commençoit à fondre, & j'ai trouvé que le fer se refroidissant en dix-huit minutes au point de pouvoir le tenir à la main, le marbre se refroidit au même point en douze minutes, la pierre en onze, le plomb en neuf, & l'étain en huit minutes.

Ce n'est donc pas proportionnellement à leur densité, comme on le croit vulgaire-

ment (f), que les corps reçoivent & perdent plus ou moins vite la chaleur; mais dans un rapport bien différent & qui est en raison inverse de leur solidité, c'est-à-dire, de leur plus ou moins grande *non fluidité*; en sorte qu'avec la même chaleur il faut moins de temps pour échauffer ou refroidir le fluide le plus dense, qu'il n'en faut pour échauffer ou refroidir au même degré le solide le moins dense. Je donnerai dans les mémoires suivans le développement entier de ce principe duquel dépend toute la théorie du progrès de la chaleur: mais pour que mon assertion ne paroisse pas vaine, voici en peu de mots le fondement de cette théorie.

J'ai trouvé par la vue de l'esprit que les corps qui s'échaufferoient en raison de leurs diamètres, ne pourroient être que ceux qui feroient parfaitement perméables à la chaleur, & que ce feroient en même temps ceux qui s'échaufferoient ou se refroidiroient en moins de temps. Dès-lors j'ai pensé que les fluides dont toutes les parties ne se tiennent que par un foible lien, approchoient plus de cette perméabilité parfaite que les solides dont les parties ont beaucoup plus de cohésion que celles des fluides.

En conséquence j'ai fait des expériences par lesquelles j'ai trouvé qu'avec la même chaleur tous les fluides, quelque denses qu'ils

(f) Voyez la Chimie de Boërrhave, *Partie I*, pages 266 & 276, & aussi 160, 264 & 267. -- Musschenbroëck, *Essais de physique*, pages 94 & 969, &c.

soient, s'échauffent & se refroidissent plus promptement qu'aucun solide, quelque léger qu'il soit; en sorte, par exemple, que le mercure comparé avec le bois, s'échauffe beaucoup plus promptement que le bois, quoiqu'il soit quinze ou seize fois plus dense.

Cela m'a fait reconnoître que le progrès de la chaleur dans les corps ne devoit en aucun cas se faire relativement à leur densité; & en effet, j'ai trouvé par l'expérience que, tant dans les solides que dans les fluides, ce progrès se fait plutôt en raison de leur fluidité, ou si l'on veut, en raison inverse de leur solidité.

Comme ce mot *solidité* a plusieurs acceptions, il faut voir nettement le sens dans lequel je l'emploie ici: *solide* & *solidité* se disent en géométrie relativement à la grandeur, & se prennent pour le volume du corps; *solidité* se dit souvent en physique relativement à la densité, c'est-à-dire, à la masse contenue sous un volume donné; *solidité* se dit quelquefois encore relativement à la dureté, c'est-à-dire, à la résistance que font les corps lorsque nous voulons les entamer; or ce n'est dans aucun de ces sens que j'emploie ici ce mot, mais dans une acception qui devoit être la première parce qu'elle est la plus propre. J'entends uniquement par *solidité* la qualité opposée à la fluidité, & je dis que c'est en raison inverse de cette qualité que se fait le progrès de la chaleur dans la plupart des corps, & qu'ils s'échauffent ou se refroidissent d'autant plus

vîte qu'ils sont plus fluides, & d'autant plus lentement qu'ils sont plus solides; toutes les autres circonstances étant égales d'ailleurs.

Et pour prouver que la solidité prise dans ce sens est tout-à-fait indépendante de la densité, j'ai trouvé par expérience que des matieres plus denses ou moins denses s'échauffent & se refroidissent plus promptement que d'autres matieres plus ou moins denses; que, par exemple, l'or & le plomb qui sont beaucoup plus denses que le fer & le cuivre, néanmoins s'échauffent & se refroidissent beaucoup plus vîte, & que l'étain & le marbre qui sont au contraire moins denses, s'échauffent & se refroidissent aussi beaucoup plus vîte que le fer & le cuivre, & qu'il en est de même de plusieurs autres matieres qui, quoique plus ou moins denses, s'échauffent & se refroidissent plus promptement que d'autres qui sont beaucoup moins denses ou plus denses; en sorte que la densité n'est nullement relative à l'échelle du progrès de la chaleur dans les corps solides.

Et pour le prouver de même dans les fluides, j'ai vu que le mercure qui est treize ou quatorze fois plus dense que l'eau, néanmoins s'échauffe & se refroidit en moins de temps que l'eau; & que l'esprit-de-vin qui est moins dense que l'eau, s'échauffe & se refroidit aussi plus vîte que l'eau: en sorte que généralement le progrès de la chaleur dans les corps, tant pour l'entrée que pour la sortie, n'a aucun rapport à leur densité, & se fait principale-

ment en raison de leur fluidité, en étendant la fluidité jusqu'au solide, c'est-à-dire, en regardant la solidité comme une *non fluidité* plus ou moins grande. De-là j'ai cru devoir conclure que l'on connoîtroit en effet le degré réel de fluidité dans les corps, en les faisant chauffer à la même chaleur; car leur fluidité sera dans la même raison que celle du temps pendant lequel ils recevront & perdront cette chaleur; & il en sera de même des corps solides, ils seront d'autant plus solides, c'est-à-dire, d'autant plus *non fluides*, qu'il leur faudra plus de temps pour recevoir cette même chaleur & la perdre, & cela presque généralement, à ce que je présume; car j'ai déjà tenté ces expériences sur un grand nombre de matieres différentes, & j'en ai fait une table que j'ai tâché de rendre aussi complète & aussi exacte qu'il m'a été possible, & qu'on trouvera dans le Mémoire suivant.





SECOND MEMOIRE.

*Suite des expériences sur le progrès de la Chaleur
dans les différentes substances minérales.*

J'AI fait faire un grand nombre de globes , tous d'un pouce de diamètre , le plus précisément qu'il a été possible , des matieres suivantes , qui peuvent représenter ici à-peu-près le règne minéral.

Or le plus pur , affiné par les soins de M. Til-			
let, de l'Académie des Sciences , qui a fait tra-			
vailler ce globe à ma priere ,			
	<i>onces.</i>	<i>gros.</i>	<i>grains.</i>
pèse	6	2	17
Plomb, pèse	3	6	28
Argent le plus pur , travaillé de			
même , pèse	3	3	22
Bismuth, pèse	3	0	3
Cuivre rouge, pèse	2	7	56
Fer, pèse	2	5	10
Etain, pèse	2	3	48
Antimoine fondu , & qui avoit de			
petites cavités à sa surface, pèse			
	2	1	34
Zinc, pèse	2	1	2
Emeril, pèse	1	2	24 $\frac{1}{2}$
Marbre blanc, pèse	1	0	25
Grès pur, pèse	0	7	24
Marbre commun de Montbard ,			
pèse	0	7	20

Pierre calcaire dure & grise de Montbard, pèse	o	7	20
Gyps blanc, improprement appelé <i>Albâtre</i> , pèse	o	6	36
Pierre calcaire blanche, statuaire, de la carrière d'Anieres près de Dijon, pèse	o	6	36
Cristal de Roche, il étoit un peu trop petit, & il y avoit plusieurs défauts & quelques petites fêlures à sa surface; je présume que sans cela il auroit pesé plus d'un gros de plus, il pèse.	o	6	22
Verre commun, pèse	o	6	21
Terre glaise pure non cuite, mais très sèche, pèse	o	6	16
Ocre, pèse	o	5	9
Porcelaine de M. le Comte de Lauraguais, pèse	o	5	2 $\frac{1}{2}$
Craie blanche, pèse	o	4	49
Pierre-ponce avec plusieurs petites cavités à sa surface, pèse	o	1	69
Bois de cerisier qui, quoique plus léger que le chêne & la plupart des autres bois, est celui de tous qui s'altère le moins au feu, pèse	o	1	55

Je dois avertir qu'il ne faut pas compter assez sur les poids rapportés dans cette table, pour en conclure la pesanteur spécifique exacte de chaque matière; car quelque précaution que j'aye prise pour rendre les globes égaux, comme il a fallu employer des ouvriers de différens métiers, les uns me les ont rendus trop gros & les autres

trop petits. On a diminué ceux qui avoient plus d'un pouce de diamètre ; mais quelques-uns qui étoient un tant soit peu trop petits, comme ceux de cristal-de-roche , de verre & de porcelaine , sont demeurés tels qu'ils étoient : j'ai seulement rejeté ceux d'agate, de jaspe , de porphyre & de jade qui étoient sensiblement trop petits. Néanmoins ce degré de précision de grosseur , très difficile à saisir , n'étoit pas absolument nécessaire , car il ne pouvoit changer que très peu le résultat de mes expériences.

Avant d'avoir commandé tous ces globes d'un pouce de diamètre , j'avois exposé à un même degré de feu , une masse quarrée de fer , & une autre de plomb , de deux pouces dans toutes leurs dimensions , & j'avois trouvé par des essais réitérés , que le plomb s'échauffoit plus vite & se refroidissoit en beaucoup moins de temps que le fer. Je fis la même épreuve sur le cuivre rouge ; il faut aussi plus de temps pour l'échauffer & pour le refroidir qu'il n'en faut pour le plomb , & moins que pour le fer. En sorte que de ces trois matieres , le fer me parut celle qui est la moins accessible à la chaleur , & en même temps celle qui la retient le plus long-temps. Ceci me fit connoître que la loi du progrès de la chaleur , c'est-à-dire , de son entrée & de sa sortie dans les corps , n'étoit point du tout proportionnelle à leur densité , puisque le plomb qui est plus dense que le fer & le cuivre , s'échauffe néanmoins & se refroidit en moins de temps que ces deux

deux autres métaux. Comme cet objet me parut important , je fis faire mes petits globes , pour m'assurer plus exactement , sur un grand nombre de différentes matières , du progrès de la chaleur dans chacune. J'ai toujours placé les globes à un pouce de distance les uns des autres devant le même feu ou dans le même four , deux ou trois , quatre ou cinq , &c. ensemble pendant le même temps avec un globe d'étain au milieu des autres. Dans la plupart des expériences , je les laissois exposés à la même action du feu , jusqu'à ce que le globe d'étain commençoit à fondre ; & dans ce moment on les enlevoit tous ensemble , & on les posoit sur une table dans de petites cases préparées pour les recevoir ; je les y laissois refroidir sans les bouger , en essayant assez souvent de les toucher ; & au moment qu'ils commençoient à ne plus brûler les doigts , & que je pouvois les tenir dans ma main pendant une demi-seconde , je marquois le nombre des minutes qui s'étoient écoulées depuis qu'ils étoient retirés du feu ; ensuite je les laissois tous refroidir au point de la température actuelle , dont je tâchois de juger par le moyen d'autres petits globes de même matière qui n'avoient pas été chauffés , & que je touchois en même temps que ceux qui se refroidissoient. De toutes les matières que j'ai mises à l'épreuve , il n'y a que le soufre qui fond à un moindre degré de chaleur que l'étain ; & malgré la mauvaise odeur de sa vapeur , je l'aurois

pris pour terme de comparaison, mais comme c'est une matière friable & qui se diminue par le frottement, j'ai préféré l'étain, quoiqu'il exige près du double de chaleur pour se fondre, de celle qu'il faut pour fondre le soufre.

I.

PAR une première expérience, le boulet de plomb & le boulet de cuivre chauffés pendant le même temps, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir dans la main pendant une demi-seconde.</i>	<i>minutes.</i>	<i>Refroidis à la température actuelle.</i>	<i>minutes.</i>
Plomb, en	8	En	23
Cuivre, en	12	En	35

II.

AYANT fait chauffer ensemble, au même feu, des boulets de fer, de cuivre, de plomb, d'étain, de grès & de marbre de Montbard, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>minutes.</i>	<i>Refroidis à la température actuelle.</i>	<i>minutes.</i>
Etain, en	$6\frac{1}{2}$	En	16
Plomb, en	8	En	17
Grès, en	9	En	19
Marbre commun en	10	En	21
Cuivre en	$11\frac{1}{2}$	En	30
Fer, en	13	En	38

III.

PAR une seconde expérience à un feu plus ardent & au point d'avoir fondu le boulet d'étain , les cinq autres boulets se sont refroidis dans les proportions suivantes :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Plomb, en	10 $\frac{1}{2}$	En	42
Grès, en	12 $\frac{1}{2}$	En	46
Marbre commun, en	12 $\frac{1}{2}$	En	50
Cuivre, en	19 $\frac{1}{2}$	En	51
Fer, en	23 $\frac{1}{2}$	En	54

IV.

PAR une troisième expérience , à un degré de feu moindre que le précédent , les mêmes boulets avec un nouveau boulet d'étain se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Etain, en	7 $\frac{1}{2}$	En	25
Plomb, en	9 $\frac{1}{2}$	En	35
Grès, en	10 $\frac{1}{2}$	En	37
Marbre commun, en	12	En	39
Cuivre, en	14	En	44
Fer, en	17	En	50

De ces expériences que j'ai faites avec autant de précision qu'il m'a été possible , on peut conclure :

1°. Que le temps du refroidissement du fer, est à celui du refroidissement du cuivre au point de les tenir : : $53 \frac{1}{2} : 45$, & au point de la température : : $142 : 125$.

2°. Que le temps du refroidissement du fer, est à celui du premier refroidissement du marbre commun : : $53 \frac{1}{2} : 35 \frac{1}{2}$, & au point de leur refroidissement entier : : $142 : 110$.

3°. Que le temps du refroidissement du fer, est à celui du refroidissement du grès au point de pouvoir les tenir : : $53 \frac{1}{2} : 32$, & : : $142 : 102 \frac{1}{2}$ pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du fer, est à celui du refroidissement du plomb au point de les tenir : : $53 \frac{1}{2} : 27$, & : : $142 : 94 \frac{1}{2}$ pour leur entier refroidissement.

V.

COMME il n'y avoit que deux expériences pour la comparaison du fer à l'étain, j'ai voulu en faire une troisième dans laquelle l'étain s'est refroidi à le tenir dans la main en 8 minutes ; & en entier, c'est-à-dire à la température, en 32 minutes ; & le fer s'est refroidi à le tenir sur la main en 18 minutes, & refroidi en entier en 48 minutes ; au moyen de quoi la proportion trouvée par trois expériences, est :

1°. Pour le premier refroidissement du fer comparé à celui de l'étain : : $48 : 22$, & : : $136 : 73$ pour leur entier refroidissement.

2°. Que les temps du refroidissement du cuivre, sont à ceux du refroidissement du marbre commun : : $45 : 35 \frac{1}{2}$ pour le premier refroidissement, & : : $125 : 110$ pour le refroidissement à la température.

3°. Que les temps du refroidissement du cuivre, sont à ceux du refroidissement du grès :: 45 : 33 pour le premier refroidissement, & :: 125 : 102 pour le refroidissement à la température actuelle.

4°. Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du plomb :: 45 : 27 pour le premier refroidissement, & :: 125 : 94 $\frac{1}{2}$ pour le refroidissement entier.

VI.

COMME il n'y avoit, pour la comparaison du cuivre & de l'étain, que deux expériences, j'en ai fait une troisième, dans laquelle le cuivre s'est refroidi à le tenir dans la main en 18 minutes, & en entier en 49 minutes ; & l'étain s'est refroidi au premier point en 8 $\frac{1}{2}$ minutes, & au dernier en 30 minutes ; d'où l'on peut conclure :

1°. Que le temps du refroidissement du cuivre, est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: 43 $\frac{1}{2}$: 22 $\frac{1}{2}$, & :: 123 : 71 pour leur entier refroidissement.

2°. On peut de même conclure des expériences précédentes, que le temps du refroidissement du marbre commun, est à celui du refroidissement du grès, au point de de pouvoir les tenir :: 36 $\frac{1}{2}$: 32, & : 110 : 102 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du marbre commun, est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 36 $\frac{1}{2}$: 28, & :: 110 : 94 $\frac{1}{2}$ pour le refroidissement entier.

VII.

COMME il n'y avoit pour la comparaison du marbre commun & de l'étain, que deux expériences, j'en ai fait une troisième dans laquelle l'étain s'est refroidi, à le tenir dans la main, en 9 minutes, & le marbre en 11 minutes; & l'étain s'est refroidi en entier en $22\frac{1}{2}$ minutes, & le marbre en 33 minutes. Ainsi les temps du refroidissement du marbre sont à ceux du refroidissement de l'étain comme 33 est à $24\frac{1}{2}$ pour le premier refroidissement, & :: 93 : 64 pour le second refroidissement.

VIII.

COMME il n'y avoit que deux expériences pour la comparaison du grès & du plomb avec l'étain, j'en ai fait une troisième en faisant chauffer ensemble ces trois boulets, de grès, de plomb & d'étain, qui se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Etain, en	$7\frac{1}{2}$	En	23
Plomb, en.	$8\frac{1}{2}$	En	27
Grès, en	$10\frac{1}{2}$	En	28

Ainsi on peut en conclure :

1°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: $25\frac{1}{2}$: $21\frac{1}{2}$, & :: $79\frac{1}{2}$: 64 pour le refroidissement entier.

2°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: 30 : 21 $\frac{1}{2}$, & :: 84 : 64 pour leur entier refroidissement.

3°. De même on peut conclure par les quatre expériences précédentes, que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 42 $\frac{1}{2}$: 35 $\frac{1}{2}$, & :: 130 : 121 $\frac{1}{2}$ pour leur entier refroidissement.

IX.

Dans un four chauffé au point de fondre l'étain, quoique toute la braise & les cendres en eussent été retirées, j'ai fait placer sur un support de fer-blanc traversé de fil-de-fer, cinq boulets éloignés les uns des autres d'environ 9 lignes, après quoi on a fermé le four; & les ayant retirés au bout de 15 minutes, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Etain fondu par sa			
partie d'en bas, en 8		En	24
Argent, en 14		En	40
Or, en 15		En	46
Cuivre, en 16 $\frac{1}{2}$		En	50
Fer, en 18		En	56

X.

DANS le même four, mais à un moindre de-

gré de chaleur, les mêmes boulets avec un autre boulet d'étain, se sont refroidis dans l'ordre suivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Etain, en	7	En	20
Argent, en	21	En	31
Or, en	$12\frac{1}{2}$	En	40
Cuivre, en	14	En	43
Fer, en	$16\frac{1}{2}$	En	47

XI.

DANS le même four & à un degré de chaleur encore moindre, les mêmes boulets se sont refroidis dans les proportions suivantes :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Etain, en	6	En	17
Argent, en	9	En	26
Or, en	$9\frac{1}{2}$	En	28
Cuivre, en	10	En	31
Fer, en	11	En	35

On doit conclure de ces expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir : : $11 + 16\frac{1}{2} + 18$: $10 + 14 + 16\frac{1}{2}$, ou : : $45\frac{1}{2}$: $40\frac{1}{2}$ par les trois expériences présentes ; & comme ce rapport a été trouvé par les expériences précédentes, (article IV) : : $53\frac{1}{2}$: 45, on

aura, en ajoutant ces temps, 99 à $85\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis du premier refroidissement du fer & du cuivre; & pour le second, c'est-à-dire, pour le refroidissement entier, le rapport donné par les présentes expériences étant :: $35\frac{1}{2} + 47 + 56 : 31 + 43 + 50$, ou :: $138 : 24$, & :: $142 : 125$. Par les expériences précédentes (art. IV), on aura, en ajoutant ces temps, 280 à 249 pour le rapport encore plus précis du refroidissement entier du fer & du cuivre.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir :: $45\frac{1}{2} : 37$, & au point de la température :: $138 : 114$.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir :: $45\frac{1}{2} : 34$, & au point de la température :: $138 : 97$.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir :: $45\frac{1}{2} : 21$ par les présentes expériences, & :: $24 : 11$ par les expériences précédentes (art. V); ainsi l'on aura, en ajoutant ces temps, $69\frac{1}{2}$ à 32 pour le rapport encore plus précis de leur refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: $138 : 61$, & par les expériences précédentes (art. V) :: $136 : 73$; on aura, en ajoutant ces temps, 274 à 134 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & de l'étain.

5°. Que le temps du refroidissement du

cuivre est à celui de l'or, au point de pouvoir les tenir : : $40 \frac{1}{2}$: 37, & : : 124 : 114 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : $40 \frac{1}{2}$: 34, & : : 124 : 97 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : $40 \frac{1}{2}$: 21 par les présentes expériences, & : : $43 \frac{1}{2}$: $22 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. VI*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 à $43 \frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 124 : 61, & : : 123 : 71 par les expériences précédentes (*art. VI*); on aura, en ajoutant ces temps, 247 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & de l'étain.

8°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 37 : 34, & : : 114 : 97 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 37 : 21, & : : 114 : 61 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de

l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 34 : 21, & : : 97 : 61 pour leur entier refroidissement.

XII.

AYANT mis dans le même four cinq boulets, placés de même & séparés les uns des autres, leur refroidissement s'est fait dans les proportions suivantes.

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
minutes.	minutes.
Antimoine, en . . . 6 $\frac{1}{2}$	En 25
Bismuth, en . . . 7	En 26
Plomb, en 8	En 27
Zinc, en 10 $\frac{1}{2}$	En 30
Emeril, en 11 $\frac{1}{2}$	En 38

XIII.

AYANT répété cette expérience avec un degré de chaleur plus fort, & auquel l'étain & le bismuth se sont fondus, les autres boulets se sont refroidis dans la progression suivante.

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
minutes.	minutes.
Antimoine, en . . . 7 $\frac{1}{2}$	En 28
Plomb, en 9 $\frac{1}{2}$	En 39
Zinc, en 14	En 44
Emeril, en 16	En 50

XIV.

ON a placé dans le même four & de la

même maniere un autre boulet de bismuth; avec six autres boulets qui se sont refroidis dans la progression suivante.

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Antimoine, en . . .	6	En	23
Bismuth, en . . .	6	En	25
Plomb, en	$7\frac{1}{2}$	En	28
Argent, en	$9\frac{1}{2}$	En	30
Zinc, en	$10\frac{1}{2}$	En	32
Or, en	11	En	32
Emeril, en	$13\frac{1}{2}$	En	39

XV.

AYANT répété cette expérience avec les sept mêmes boulets, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant.

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Antimoine, en . .	$6\frac{1}{2}$	En	23
Bismuth, en . . .	$7\frac{1}{2}$	En	31
Plomb, en	$7\frac{1}{2}$	En	29
Argent, en	$11\frac{1}{2}$	En	32
Zinc, en	$13\frac{1}{2}$	En	38
Or, en	14	En	41
Emeril, en	15	En	44

Toutes ces expériences ont été faites avec soin & en présence de deux ou trois personnes qui ont jugé comme moi par le tact, & en serrant dans la main pendant une demi-seconde les différens boulets; ainsi l'on doit en conclure :

1°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir : : $28 \frac{1}{2}$: 25, & : : 83 : 73 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc, au point de pouvoir les toucher : : $56 : 48 \frac{1}{2}$, & : : 171 : 144 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : $28 \frac{1}{2}$: 21, & : : 83 : 62 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir : : $56 : 32 \frac{1}{2}$, & : : 171 : 123 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : $40 : 20 \frac{1}{2}$, & : : 121 : 80 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 56 : $26 \frac{1}{2}$, & à la température : : 171 : 99.

7°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir : : 25 : 24, & : : 73 : 70 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'ar,

gent, au point de pouvoir les tenir : : 25 : 21 par les présentes expériences, & : : 37 : 34 par les expériences précédentes (*art. XI*); ainsi l'on aura, en ajoutant ces temps, 62 à 55 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 73 : 62, & : : 114 : 97 par les expériences précédentes (*article XI*); on aura, en ajoutant ces temps, 187 : 159 pour le rapport plus précis de leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 25 : 15, & : : 73 : 57 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir : : 25 : 13 $\frac{1}{2}$, & : : 73 : 56 pour leur entier refroidissement.

11°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 25 : 12 $\frac{1}{2}$, & : : 73 : 46 pour leur entier refroidissement.

12°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 24 : 21, & : : 70 : 62 pour leur entier refroidissement.

13°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 48 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{8}$.

& : : 144 : 123 pour leur entier refroidissement.

14°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir : : $34 \frac{1}{2}$: $20 \frac{1}{2}$, & : : 100 : 80 pour leur entier refroidissement.

15°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : $48 \frac{1}{2}$: $26 \frac{1}{2}$, & à la température : : 144 : 99.

16°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir : : 21 : $13 \frac{1}{2}$, & : : 62 : 56 pour leur entier refroidissement.

17°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 21 : $12 \frac{1}{2}$, & : : 62 : 46 pour leur entier refroidissement.

18°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : 23 : $20 \frac{1}{2}$, & : : 84 : 80 pour leur entier refroidissement.

19°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les toucher : : $32 \frac{1}{2}$: $26 \frac{1}{2}$, & à la température : : 123 : 99.

20°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : $20 \frac{1}{2}$: 19, & : : 80 : 71 pour leur entier refroidissement.

Je dois observer qu'en général dans toutes ces expériences, les premiers rapports sont bien plus justes que les derniers, parce qu'il est difficile de juger du refroidissement jusqu'à la température actuelle, & que cette température étant variable, les résultats doivent varier aussi; au lieu que le point du premier refroidissement peut être saisi assez juste par la sensation que produit sur la même main la chaleur du boulet, lorsqu'on peut le tenir ou le toucher pendant une demi-seconde.

XVI.

COMME il n'y avoit que deux expériences pour la comparaison de l'or avec l'émeril, le zinc, le plomb, le bismuth & l'antimoine; que le bismuth s'étoit fondu en entier, & que le plomb & l'antimoine étoient fort endommagés, je me suis servi d'autres boulets de bismuth, d'antimoine & de plomb, & j'ai fait une troisième expérience, en mettant ensemble dans le même four bien chauffé ces deux boulets; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant.

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Antimoine, en . . .	7	En	27
Bismuth, en . . .	8	En	29
Plomb, en	9	En	33
Zinc, en	12	En	37
Or, en	13	En	42
Emeril, en	15 $\frac{1}{2}$	En	48

D'où

D'où l'on doit conclure , ainsi que des expériences *XIV* & *XV*. 1°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or , au point de pouvoir les tenir : : 44 : 38 , & au point de la température : : 131 : 115.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc au point de pouvoir les tenir : : $15\frac{1}{2}$: 12 ; mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (*art. XV*) étant : : 56 : $48\frac{1}{2}$, on aura , en ajoutant ces temps , $71\frac{1}{2}$ à $60\frac{1}{2}$ pour leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport trouvé par l'expérience présente , étant : : 48 : 37 , & par les expériences précédentes (*article XV*) comme 171 à 144 ; ainsi en ajoutant ces temps , on aura 239 à 181 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & du zinc.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du plomb , au point de pouvoir les tenir : : $15\frac{1}{2}$: 9 ; mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (*article XV*) étant : : 56 : $32\frac{1}{2}$; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $71\frac{1}{2}$ à $41\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par l'expérience présente , étant : : 48 : 33 ; & par les expériences précédentes (*article XV*) : : 171 : 123 ; on aura , en ajoutant ces temps , 239 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement de

l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir : : $15 \frac{1}{2} : 8$; & par les expériences précédentes (*article XV*) : : $40 : 20 \frac{1}{2}$; ainsi on aura , en ajoutant ces temps, $55 \frac{1}{2}$ à $28 \frac{1}{2}$, pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par l'expérience présente , étant : : $48 : 29$, & : : $121 : 80$ par les expériences précédentes (*article XV*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 169 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & du bismuth.

5°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'antimoine au point de pouvoir les tenir : : $15 \frac{1}{2} : 7$, mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (*article XV*) étant : : $56 : 26 \frac{1}{2}$; on aura , en ajoutant ces temps , $71 \frac{1}{2}$ à $33 \frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par l'expérience présente , étant : : $48 : 27$, & : : $171 : 99$ par les expériences précédentes (*article XV*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 219 à 126 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & de l'antimoine.

6°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du zinc au point de pouvoir les tenir : : $38 : 36$, & : : $115 : 107$ pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb

au point de les toucher : : 38 : 24 , & à la température : : 115 : 90.

8°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du bismuth au point de pouvoir les tenir : : 38 : 21 $\frac{1}{2}$, & à la température : : 115 : 85.

9°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'antimoine , au point de les toucher : : 38 : 19 $\frac{1}{2}$, & à la température : : 115 : 69.

10°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb au point de pouvoir les tenir : : 12 : 9. Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (*article XV*) étant : : 48 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$, on aura , en ajoutant ces temps , 60 $\frac{1}{2}$ à 41 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par l'expérience présente étant : : 37 : 33 , & par les expériences précédentes (*article XV*) : : 144 : 123 ; on aura , en ajoutant ces temps , 181 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du plomb.

11°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth , au point de les toucher : : 12 : 8 par la présente expérience ; mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (*art. XV*) étant : : 34 $\frac{1}{2}$: 20 $\frac{1}{2}$; en ajoutant ces temps , on aura 46 $\frac{1}{2}$ à 28 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par l'expérience présente étant : : 37 : 29 , & par les

expériences précédentes (*article XV*) : : 100 : 80; on aura, en ajoutant ces temps, 137 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du bismuth.

12°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine pour pouvoir les tenir : : 12 : 7 par la présente expérience; mais comme le rapport trouvé par les expériences précédentes (*article XV*) est : : $48 \frac{1}{2}$: $26 \frac{1}{2}$; on aura, en ajoutant ces temps, $60 \frac{1}{2}$ à $33 \frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 37 : 27, & : : 144 : 99 par les expériences précédentes (*article XV*); on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 126 pour le rapport plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de l'antimoine.

13°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth au point de pouvoir les tenir : : 9 : 8 par l'expérience présente, & : : 23 : $20 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XV*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 32 à $28 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 33 : 29, & : : 84 : 80 par les expériences précédentes (*article XV*); on aura, en ajoutant ces temps, 117 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & du bismuth.

14°. Que le temps du refroidissement du

plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine au point de les tenir : : 9 : 7 par la présente expérience , & : : $32\frac{1}{2}$: $26\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XV*); ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $41\frac{1}{2}$ à $33\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par l'expérience présente étant : : 33 : 27 , & : : 123 : 99 par les expériences précédentes (*article XV*); on aura , en ajoutant ces temps , 156 à 126 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & de l'antimoine.

15°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine au point de pouvoir les tenir : : 8 : 7 par l'expérience présente , & : : $20\frac{1}{2}$: 19 par les expériences précédentes (*article XV*); ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $28\frac{1}{2}$ à 26 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par l'expérience présente étant : : 29 : 27 , & : : 80 : 71 par les expériences précédentes (*article XV*); on aura , en ajoutant ces temps , 109 à 98 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth & de l'antimoine.

XVII.

COMME il n'y avoit de même que deux expériences pour la comparaison de l'argent avec l'émeril , le zinc , le plomb , le bismuth & l'antimoine , j'en ai fait une troisième , en mettant dans le même four , qui s'étoit un

peu refroidi, les six boulets ensemble; & après les en avoir tirés tous en même temps, comme on l'a toujours fait, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Antimoine, en . . .	6	En	29
Bismuth, en. . . .	7	En	31
Plomb, en	$8\frac{1}{4}$	En	34
Argent, en	$11\frac{1}{2}$	En	36
Zinc, en	$12\frac{1}{2}$	En	39
Emeril, en	$15\frac{1}{2}$	En	47

On doit conclure de cette expérience & de celles des *articles XIV & XV*.

1^o. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc au point de les tenir, par l'expérience présente :: $15\frac{1}{2} : 12\frac{1}{2}$, & :: $71\frac{1}{2} : 60\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XVI*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 83 à 73 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 39, & par les expériences précédentes (*article XVI*) :: 239 : 181; on aura, en ajoutant ces temps, 286 à 220 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & du zinc.

2^o. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent :: 44 : $32\frac{1}{2}$ au point de les tenir, & :: 130 : 98 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du plomb au point de les tenir : : $15 \frac{1}{2} : 8 \frac{1}{4}$ par l'expérience présente, & : : $71 \frac{1}{2} : 41 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XVI*), ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 87 à $49 \frac{3}{4}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 47 : 34, & : : 239 : 156 par les expériences précédentes (*article XVI*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 286 à 190 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth au point de pouvoir les tenir : : $15 \frac{1}{2} : 7$ par l'expérience présente, & : : $55 \frac{1}{2} : 28 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XVI*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 71 à $35 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 47 : 31, & : : 169 à 109 par les expériences précédentes (*article XVI*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 216 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & du bismuth.

5°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'antimoine au point de les tenir : : $15 \frac{1}{2} : 6$ par l'expérience présente, & : : $71 \frac{1}{2} : 33 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XVI*) ; ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 87 à $39 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur pre-

mier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 47 : 29, & par les expériences précédentes (*article XVI*) : : 219 : 126; on aura, en ajoutant ces temps, 266 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & de l'antimoine.

6°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'argent au point de les tenir : : $36 \frac{1}{2}$; $32 \frac{1}{2}$; & : 109 : 98 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb au point de pouvoir les tenir : : $12 \frac{1}{2}$: $8 \frac{1}{4}$ par l'expérience présente, & : : $60 \frac{1}{2}$: $41 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XVI*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 73 à $43 \frac{3}{4}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 39 : 33, & par les expériences précédentes (*article XVI*) : : 181 : 156, on aura, en ajoutant ces temps, 220 à 189 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du plomb.

8°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth au point de pouvoir les tenir : : $12 \frac{1}{2}$: 7 par la présente expérience; & : : $46 \frac{1}{2}$: $28 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XVI*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à $35 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 39 : 31, & : : 137 : 109 par les expériences

périences précédentes (*article XVI*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 176 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du bismuth.

9°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine au point de les tenir : : $12 \frac{1}{2} : 6$ par la présente expérience ; & : : $60 \frac{1}{2} : 33 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XVI*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 73 à $39 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport trouvé par l'expérience présente étant : : 39 : 29 , & : : 181 : 126 par les expériences précédentes (*art. XVI*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 220 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de l'antimoine.

10°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du plomb au point de pouvoir les tenir : : $32 \frac{1}{2} : 23 \frac{1}{4}$, & : : 98 : 90 pour leur entier refroidissement.

11°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bismuth au point de les tenir : : $32 \frac{1}{2} : 20 \frac{1}{2}$, & : : 98 : 87 pour leur entier refroidissement.

12°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'antimoine au point de pouvoir les tenir : : $32 \frac{1}{2} : 18 \frac{1}{2}$, & : : 98 : 75 pour leur entier refroidissement.

13°. Que le temps du refroidissement du

plomb est à celui du refroidissement du bismuth au point de les tenir : : $8 \frac{1}{4}$: 7 par la présente expérience, & : : 32 : $28 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XVI*) ; on aura, en ajoutant ces temps $40 \frac{1}{4}$ à $35 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 34 : 31, & : : 117 : 109 par les expériences précédentes (*article XVI*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 141 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & du bismuth.

14°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine au point de pouvoir les tenir : : $8 \frac{1}{4}$: 6 par l'expérience présente, & par les expériences précédentes (*article XVI*) : : $41 \frac{1}{2}$: $33 \frac{1}{2}$; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $49 \frac{1}{4}$ à $39 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 34 : 29, & : : 156 : 126 par les expériences précédentes (*art. XVI*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 190 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & de l'antimoine.

15°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine au point de pouvoir les tenir : : 7 : 6 par la présente expérience, & : : $28 \frac{1}{2}$: 26 par les expériences précédentes (*article XVI*) ; ainsi on aura, en ajoutant

ces temps, $35 \frac{1}{2} : 32$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : $31 : 29$, & : : $109 : 98$ par les expériences précédentes (*article XVI*); on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 127 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth & de l'antimoine.

XVIII.

On a mis dans le même four un boulet de verre, un nouveau boulet d'étain, un de cuivre & un de fer pour en faire une première comparaison, & ils se sont refroidis dans l'ordre suivant.

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
minutes.	minutes.
Etain, en 8	En 27
Verre, en $8 \frac{1}{2}$	En 22
Cuivre, en 14	En 42
Fer, en 16	En 50

XIX.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
minutes.	minutes.
Etain, en $7 \frac{1}{2}$	En 21
Verre, en 8	En 23
Cuivre, en 12	En 36
Fer, en 15	En 47

X X.

PAR une troisième expérience, les boulets chauffés pendant un plus long temps, mais à une chaleur un peu moindre, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant</i> <i>une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température</i>	
	minutes.		minutes.
Etain, en	$8\frac{1}{2}$	En	22
Verre, en	9	En	24
Cuivre, en	15	En	43
Fer, en	17	En	46

X X I.

Par une quatrième expérience répétée, les mêmes boulets chauffés à un feu plus ardent, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant</i> <i>une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température</i>	
	minutes.		minutes.
Etain, en	$8\frac{1}{2}$	En	25
Verre, en	9	En	25
Cuivre en	$11\frac{1}{2}$	En	35
Fer, en.	14	En	43

Il résulte de ces expériences répétées quatre fois :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre au point de les tenir : : 62 : $52\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 99 : $85\frac{1}{2}$ par

les expériences précédentes (*article XI*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 161 à 138 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences étant : : 186 : 156 , & par les expériences précédentes (*article XI*) : : 280 : 249 ; on aura , en ajoutant ces temps , 466 à 405 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & du cuivre.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du verre au point de les tenir : : 62 : $34\frac{1}{2}$, & : : 186 : 97 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain au point de pouvoir les tenir : : 62 : $32\frac{1}{2}$ par les présentes expériences ; & : : $69\frac{1}{2}$: 32 par les expériences précédentes (*article XI*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $131\frac{1}{2}$ à $64\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les expériences présentes étant : : 186 : 92 , & : : 274 : 134 par les expériences précédentes (*article XI*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 460 à 226 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & de l'étain.

4°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du verre au point de les tenir : : $51\frac{1}{2}$: $34\frac{1}{2}$, & : : 157 : 97 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du cuivre , est à celui du refroidissement de l'étain , au point de pouvoir les tenir : : $52\frac{1}{2}$:

32 $\frac{1}{2}$ par les expériences présentes ; & :: 84 : 43 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XI) ; ainsi on aura en ajoutant ces temps, 136 $\frac{1}{2}$ à 76 pour le rapport précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant :: 157 : 92, & par les expériences précédentes (art. XI) :: 247 : 132 ; on aura, en ajoutant ces temps, 304 à 224 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & de l'étain.

6^e Que le temps du refroidissement du verre, est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 24 $\frac{1}{2}$: 32 $\frac{1}{2}$, & :: 97 : 92 pour leur entier refroidissement.

XXII.

On a fait chauffer ensemble les boulets d'or, de verre, de porcelaine, de gyps & de grès, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Gyps, en	5	En	14
Porcelaine, en . . .	8 $\frac{1}{2}$	En	25
Verre, en	9	En	26
Grès, en	10	En	30
Or, en	14 $\frac{1}{2}$	En	47

XXIII.

LA même expérience répétée sur les mêmes boulets, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant</i> <i>une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température</i>	
	minutes.		minutes.
Gyps, en	4	En	13
Porcelaine, en . . .	7	En	22
Verre, en	9 $\frac{1}{2}$	En	24
Grès, en	9 $\frac{1}{2}$	En	33
Or, en	13 $\frac{1}{2}$	En	41

XXIV.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant</i> <i>une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température,</i>	
	minutes.		minutes.
Gyps, en	2 $\frac{1}{2}$	En	12
Porcelaine, en . . .	5 $\frac{1}{2}$	En	19
Verre, en	8 $\frac{1}{2}$	En	20
Grès en	8 $\frac{1}{2}$	En	25
Or, en	10	En	32

Il résulte de ces trois expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'or, est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: 38 : 28, & :: 118 : 90 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or, est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: 38 : 27, & :: 118 : 70 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or, est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir :: 38 : 21, & :: 118 : 66 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'or, est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir :: $38 : 12\frac{1}{2}$, & :: $118 : 39$ pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du grès, est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir :: $28\frac{1}{2} : 27$, & :: $90 : 70$ pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du grès, est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de pouvoir les tenir :: $28\frac{1}{2} : 21$, & :: $90 : 66$ pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du grès, est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir :: $28\frac{1}{2} : 12\frac{1}{2}$, & :: $90 : 39$ pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du verre, est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir :: $27 : 21$, & :: $70 : 66$ pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du verre, est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir :: $27 : 12\frac{1}{2}$, & :: $70 : 39$ pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la porcelaine, est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir :: $21 : 12\frac{1}{2}$, & :: $66 : 39$ pour leur entier refroidissement.

XXV.

ON a fait chauffer de même les boulets

d'argent , de marbre commun, de pierre dure, de marbre blanc & de pierre calcaire tendre d'Anieres près de Dijon.

<i>Refroidis à les tenir pendant</i> <i>une demi-seconde.</i>	<i>minutes.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>	<i>minutes.</i>
Pierre calcaire tendre,			
en	8	En	25
Pierre dure, en . . .	10	En	34
Marbre commun, en . .	11	En	35
Marbre blanc, en . . .	12	En	36
Argent, en	13 $\frac{1}{2}$	En	40

XXVI.

LA même expérience répétée , les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant</i> <i>une demi-seconde.</i>	<i>minutes.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>	<i>minutes.</i>
Pierre calcaire tendre			
en	9	En	27
Pierre calcaire dure,			
en	11	En	37
Marbre commun, en . .	13	En	40
Marbre blanc, en . . .	14	En	40
Argent, en	16	En	43

XXVII.

LA même expérience répétée , les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant
une demi-seconde.

minutes.

Refroidis à la température.

minutes.

Pierre calcaire tendre,		En	
en	9		26
Pierre calcaire dure,		En	
en	10 $\frac{1}{2}$		36
Marbre commun, en	12 $\frac{1}{2}$	En	38
Marbre blanc, en	13 $\frac{1}{2}$	En	39
Argent, en	16	En	42

Il résulte de ces trois expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'argent, est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir :: $45\frac{1}{2}$: $39\frac{1}{2}$, & :: 125 : 115 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'argent, est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir :: $45\frac{1}{2}$: 36, & :: 125 : 113 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'argent, est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: $45\frac{1}{2}$: $31\frac{1}{2}$, & :: 125 : 107 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'argent, est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: $45\frac{1}{2}$: 26, & :: 125 : 78 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc, est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir

:: 39½ : 36, & :: 115 : 113 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc, est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 39½ : 31½, & :: 115 : 107 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc, est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 39½ : 26, & :: 115 : 78 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du marbre commun, est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 36 : 31½, & :: 113 : 109 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du marbre commun, est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 36 : 26, & :: 113 : 78 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure, est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: 31½ : 26, & :: 107 : 78 pour leur entier refroidissement.

XXVIII.

ON a mis dans le même four bien chauffé, des boulets d'or, de marbre blanc, de marbre commun, de pierre dure & de pierre tendre, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

*Refroidis à les tenir pendant
une demi-seconde.*

minutes.

Pierre calcaire tendre,
en 9
Marbre commun, en $11\frac{1}{2}$
Pierre dure, en $11\frac{1}{2}$
Marbre blanc, en 13
Or, en $15\frac{1}{2}$

Refroidis à la température.

minutes.

En 29
En 35
En 35
En 35
En 45

XXIX.

LA même expérience répétée à une moindre chaleur, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

*Refroidis à les tenir pendant
une demi-seconde.*

minutes.

Pierre calcaire tendre,
en 6
Pierre dure, en 8
Marbre commun, en $9\frac{1}{2}$
Marbre blanc, en 10
Or, en 12

Refroidis à la température.

minutes.

En 19
En 25
En 26
En 29
En 37

XXX.

LA même expérience répétée une troisième fois, les boulets chauffés à un feu plus ardent, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

*Refroidis à les tenir pendant
une demi-seconde.*

minutes.

Pierre tendre, en 7

Refroidis à la température.

minutes.

En 20

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Pierre dure , en	8	En	24
Marbre commun, en	8 $\frac{1}{2}$	En	20
Marbre blanc , en	9	En	28
Or, en	12	En	35

Il résulte de ces trois expériences:

1°. Que le temps du refroidissement de l'or, est à celui du refroidissement du marbre blanc au point de les tenir :: $39\frac{1}{2} : 32$, & :: $117 : 92$ pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or, est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir :: $39\frac{1}{2} : 29\frac{1}{2}$, & :: $117 : 87$ pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or, est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: $39\frac{1}{2} : 27\frac{1}{2}$, & :: $117 : 86$ pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'or, est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir :: $39\frac{1}{2} : 22$, & :: $117 : 68$ pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir :: $32 : 29$, & :: $92 : 87$ pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement

de la pierre dure, au point de les tenir : : 32 : 27 $\frac{1}{2}$, & : : 92 : 84 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 32 : 22, & : : 92 : 68 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir : : 29 : 27 $\frac{1}{2}$, & : : 87 : 84 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 29 : 22, & : : 87 : 68 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 27 $\frac{1}{2}$: 22, & : : 84 : 68 pour leur entier refroidissement.

XXXI.

On a mis dans le même four les boulets d'argent, de grès, de verre, de porcelaine & de gyps, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Gyps, en	3	En	14
Porcelaine, en	6 $\frac{1}{2}$	En	17
Verre, en	8 $\frac{1}{2}$	En	20
Grès, en	9	En	27
Argent, en	12 $\frac{1}{2}$	En	35

XXXII.

LA même expérience répétée, & les boulets chauffés à une chaleur moindre, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Gyps, en	3	En	13
Porcelaine, en	7	En	19
Verre, en	$8\frac{1}{2}$	En	22
Grès, en	$9\frac{1}{2}$	En	26
Argent, en	12	En	34

XXXIII.

LA même expérience répétée une troisième fois, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Gyps, en	3	En	12
Porcelaine, en	6	En	17
Verre, en	$7\frac{3}{4}$	En	20
Grès, en	8	En	27
Argent, en	$11\frac{1}{2}$	En	34

Il résulte de ces trois expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir : : 36 : $26\frac{1}{2}$, & : : 103 : 80 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir : : 36 : 25, & : : 103 : 61 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir : : 36 : 20, & : : 103 : 54 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 36 : 9, & : : 103 : 39 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir : : $26\frac{1}{3}$: 25 par les expériences présentes, & : : $28\frac{1}{2}$: 27 par les expériences précédentes (*art. XXIV*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 52 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant : : 80 : 62, & : : 90 : 70 par les expériences précédentes (*art. XXIV*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & du verre.

6°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de pouvoir les tenir : : $26\frac{1}{2}$: $19\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : $28\frac{1}{2}$: 21 par les expériences précédentes (*art. XXIV*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps 55 à $40\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis

précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 80 : 54 , & : : 90 : 66 par les précédentes expériences (*art. XXIV*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 270 à 120 pour le rapport plus précis de l'entier refroidissement du grès & de la porcelaine.

7°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : $26\frac{1}{2}$: 9 par les expériences présentes , & : : $28\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXIV*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à $21\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 88 : 39 , & : : 90 : 39 par les expériences précédentes (*article XXIV*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & du gyps.

8°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir : : 25 : 19 par les présentes expériences, & : : 27 : 21 par les expériences précédentes (*art. XXIV*) ; ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 52 à $40\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant : : 62 : 51 , & : : 70 : 66 par les expériences précédentes (*art. XXIV*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier re-

froidissement du verre & de la porcelaine.

9°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 25 : 9 par les présentes expériences, & : : 27 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XXIV*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 52 à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant : : 72 : 39, & : : 70 : 39 par les expériences précédentes (*article XXIV*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de verre & du gyps.

10°. Que le temps du refroidissement de la porcelaine est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 19 $\frac{1}{2}$: 9 par les présentes expériences, & : : 21 : 12 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXIV*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 40 $\frac{1}{2}$ à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 54 : 39, & par les expériences précédentes (*art. XXIV*) : : 66 : 39 ; on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la porcelaine & du gyps.

XXXIV.

ON a mis dans le même four les boulets d'or, de craie blanche, d'ocre & de glaise, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant</i> <i>une demi-seconde</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Craie , en	6	En	15
Ocre , en	$6\frac{1}{2}$	En	16
Glaife , en	7	En	18
Or , en	12	En	36

XXXV.

LA même expérience répétée avec les mêmes boulets & un boulet de plomb, leur refroidissement s'est fait dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant</i> <i>une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Craie , en	4	En	11
Ocre , en	5	En	13
Glaife , en	$5\frac{1}{2}$	En	15
Plomb , en	7	En	18
Or , en	$9\frac{1}{2}$	En	29

Il résulte de ces deux expériences :

1^{re}. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : $9\frac{1}{2}$: 7 par l'expérience présente , & : : 38 : 24 par les expériences précédentes (*art. XVI*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $47\frac{1}{2}$ à 31 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant : : 29 : 18, & : : 115 : 90 par les expériences précédentes (*article XVI*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 144 à 108 pour le rap-

port encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or & du plomb.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: $21 \frac{1}{2} : 12 \frac{1}{2}$, & :: 65 : 33 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: $21 \frac{1}{2} : 11 \frac{1}{2}$, & :: 65 : 29 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'ore est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: $21 \frac{1}{2} : 10$, & :: 67 : 26 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir :: 7 : $5 \frac{1}{2}$, & :: 18 : 15 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de de l'ocre, au point de pouvoir les tenir :: 7 : 5, & :: 18 : 13 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 7 : 4, & :: 18 : 11 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir :: $12 \frac{1}{2} : 11 \frac{1}{2}$, & :: 33 : 29 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 12 $\frac{1}{2}$: 10, & : : 33 : 26 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 11 $\frac{1}{2}$: 10, & : : 29 : 26 pour leur entier refroidissement.

XXXVI.

ON a mis dans le même four les boulets de fer, d'argent, de gyps, de pierre ponce & de bois, mais à un degré de chaleur moindre, pour ne point faire brûler le bois, & ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température,</i>	
	minutes.		minutes.
Pierre-ponce, en	2	En	5
Bois, en	2	En	6
Gyps, en	2 $\frac{1}{2}$	En	11
Argent, en	10	En	35
Fer, en.	13	En	40

XXXVII.

LA même expérience répétée à une moindre chaleur, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

238 Introduction à l'histoire

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température actuelle.	
	minutes.		minutes.
Pierre-ponce, en	1 $\frac{1}{2}$	En	4
Bois, en	2	En	5
Gyps, en	2 $\frac{1}{2}$	En	9
Argent, en	7	En	24
Fer, en	8 $\frac{1}{2}$	En	31

Il résulte de ces expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : $21\frac{1}{2} : 17$ par les présentes expériences, & : : $45\frac{1}{2} : 34$ par les expériences précédentes (*article XI*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 67 à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant : : 71 : 59, & : : 138 : 97 par les expériences précédentes (*article XI*) on aura, en ajoutant ces temps, 209 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & de l'argent.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : $21\frac{1}{2} : 5$, & : : 71 : 20 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir : : $21\frac{1}{2} : 4$, & : : 71 : 11 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre

ponce, au point de les tenir : : $21\frac{1}{2}$: $3\frac{1}{2}$, & : : 71 : 9 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 17 : 5, & : : 59 : 30 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir : : 17 : 4, & : : 59 : 11 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de pouvoir les tenir : : $17 : 3\frac{1}{2}$, & : : 59 : 9 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du gyps est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir : : 5 : 4, & : : 20 : 11 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du gyps est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de pouvoir les tenir : : $5 : 3\frac{1}{2}$, & : : 20 : 9 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du bois est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de les tenir : : $4 : 3\frac{1}{2}$, & : : 11 : 9 pour leur entier refroidissement.

XXXVIII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'argent de pierre tendre & de gyps, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant:

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Gyps, en	4 $\frac{1}{2}$	En	14
Pierre tendre, en	12	En	27
Argent en	16	En	42
Or, en	18	En	47

Il résulte de cette expérience :

1°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : 18 : 16 par l'expérience présente, & : : 62 : 55 par les expériences précédentes (*article XV*) ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 98 à 71 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 35 : 42, & : : 187 : 159 par les expériences précédentes (*art. XV*); on aura, en ajoutant ces temps, 234 à 201 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or & de l'argent.

2°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 18 : 12, & : : 39 $\frac{1}{2}$: 23 par les expériences précédentes (*article XXX*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 57 $\frac{1}{2}$ à 35 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant : : 47 : 27, & par les expériences précédentes (*art. XXX*) : : 117 : 68; on aura, en ajoutant ces temps, 164 à 95 pour le rapport encore plus précis de

de l'entier refroidissement de l'or & de la pierre tendre.

3°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 18 : $4\frac{1}{2}$, & : : 38 : $12\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XXIV*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 56 à 17 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 47 : 14, & : : 118 : 39 par les expériences précédentes (*art. XXIV*) on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 53 pour le rapport encore plus précis de leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 16 : 12 par la présente expérience, & : : $45\frac{1}{2}$: 26 par les expériences précédentes (*art. XXVII*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $61\frac{1}{2}$ à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 42 : 27, & : : 125 : 78 par les expériences précédentes (*article XXVII*); on aura, en ajoutant ces temps, 167 à 105 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent & de la pierre tendre.

5°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : 16 : $4\frac{1}{2}$ par la présente expérience, & : : 17 : 5 par les

expériences précédentes (*art. XXXVI*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 33 à $9\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 42 : 14, & : : 59 : 20 par les expériences précédentes *art. (XXXVI)* ; on aura, en ajoutant ces temps, 101 à 34 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent & du gyps.

68. Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : 12 : $4\frac{1}{2}$, & : : 72 : 14 pour leur entier refroidissement.

XXXIX.

AYANT fait chauffer pendant vingt minutes, c'est-à-dire, pendant un temps à-peu-près double de celui qu'on tenoit ordinairement les boulets au feu, qui étoit communément de dix minutes, les boulets de fer, de cuivre, de verre de plomb & d'étain, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Etain, en	10	En	25
Plomb, en.	11	En	30
Verrè, en	12	En	35
Cuivre, en	$16\frac{1}{2}$	En	44
Fer, en	$20\frac{1}{2}$	En	50

Il résulte de cette expérience qui a été faite avec la plus grande précaution :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de pouvoir les tenir : : $20 \frac{1}{2}$: $16 \frac{1}{2}$ par la présente expérience, & : : 161 : 138 par les expériences précédentes (*article XXI*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $181 \frac{1}{2}$ à $254 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant : : 50 : 44, & : : 466 : 405 par les expériences précédentes (*article XXI*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 516 à 449 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & du cuivre.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du verre, au point de pouvoir les tenir : : $20 \frac{1}{2}$: 12 par l'expérience présente, & : : 62 : $35 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXI*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $32 \frac{1}{2}$ à 46 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant : : 50 : 35, & : : 186 : 97 par les expériences précédentes (*art. XXI*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 236 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & du verre.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : $20 \frac{1}{2}$: 11 par la présente expérience, & : : $53 \frac{1}{2}$: $27 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article IV*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 74 à 38 pour le rapport plus précis de leur pre-

mier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 50 : 30, & : : 142 : 94 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article IV*); on aura, en ajoutant ces temps, 192 à 124 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 20 $\frac{1}{2}$: 10, & : : 131 : 64 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XXI*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 152 à 74 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant : : 50 : 25, & : : 460 : 226 par les expériences précédentes (*art. XXI*); on aura, en ajoutant ces temps, 510 à 251 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & de l'étain.

5°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir : : 16 $\frac{1}{2}$: 12 par la présente expérience, & : : 52 $\frac{1}{2}$: 34 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXI*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 46 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 44 : 35, & : : 157 : 97 par les expériences précédentes (*article XXI*); on aura, en ajoutant ces temps, 201 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & du verre.

6°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir : : $16 \frac{1}{2}$: 11 par la présente expérience, & : : 45 : 27 par les expériences précédentes (*article V*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $61 \frac{1}{2}$ à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 44 : 30, & : : 125 : $94 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article V*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 169 à $124 \frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & du plomb.

7°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : $16 \frac{1}{2}$: 10 par l'expérience présente, & : : $136 \frac{1}{2}$: 76 par les expériences précédentes (*art. XXI*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 153 à 86 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 44 : 25, & : : 304 : 224 par les expériences précédentes (*article XXI*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 348 à 249 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & de l'étain.

8°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 12 : 11, & : : 35 : 30 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain,

au point de les tenir : : 12 : 10 par la présente expérience , & : : $34 \frac{1}{2}$: $32 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXI*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 46 à $42 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par l'expérience présente , étant : : 35 : 25 , & : : 97 : 92 par les expériences précédentes (*art. XXI*) on aura , en ajoutant ces temps , 132 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de l'étain.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain , au point de les tenir : : 11 : 10 par la présente expérience , & : : $25 \frac{1}{2}$: $21 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article VIII*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $36 \frac{1}{2}$ à $31 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par la présente expérience , étant : : 30 : 25 , & : : $79 \frac{1}{2}$: 64 par les expériences précédentes (*article VIII*) ; on aura , en ajoutant ces temps , $109 \frac{1}{2}$ à 89 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & de l'étain.

XL.

AYANT mis chauffer ensemble les boulets de cuivre , de zinc , de bismuth , d'étain & d'antimoine , ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Antimoine, en . . .	8	En	24
Bismuth, en . . .	8	En	23
Etain, en	$8\frac{1}{2}$	En	25
Zinc, en	12	En	30
Cuivre, en	14	En	40

XLI.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Antimoine, en . . .	8	En	23
Bismuth, en	8	En	24
Etain, en	$9\frac{1}{2}$	En	25
Zinc, en	12	En	38
Cuivre, en	14	En	40

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir :: 28 : 24, & :: 80 : 68 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 28 : 18 par les présentes expériences, & :: 153 : 86 par les expériences précédentes (*art. XXXIX*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 104 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second,

le rapport donné par la présente expérience, étant : : 80 : 47, & par les expériences précédentes (*article XXXIX*) : : 348 : 249; on aura, en ajoutant ces temps, 428 à 296 pour le rapport plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & de l'étain.

3^e. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 28 : 16, & : : 80 : 47 pour leur entier refroidissement.

4^e. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : 28 : 16, & : : 80 : 47 pour leur entier refroidissement.

5^e. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : 24 : 18, & : : 68 : 47 pour leur entier refroidissement.

6^e. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 24 : 16 par les présentes expériences, & : : 73 : 39 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XVII*); ainsi en ajoutant ces temps, on aura 97 à 55 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant : : 68 : 47, & : : 220 : 155 par les expériences précédentes (*article XVII*); on aura, en ajoutant ces temps, 288 à 292 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de l'antimoine.

7^e. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bis-

muth, au point de pouvoir les tenir : : 24 : 16, & : : 59 : 35 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XVII*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 83 à 51 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 68 : 47, & : : 176 : 140 par les expériences précédentes (*article XVII*); on aura, en ajoutant ces temps, 244 à 187 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du bismuth.

8°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 18 : 16, & : : 50 : 47 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir : : 18 : 16, & : : 50 : 47 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir : : 16 : 16 par la présente expérience, & : : 35 $\frac{1}{2}$: 32 par les expériences précédentes (*article XVII*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 51 $\frac{1}{2}$ à 48 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant : : 47 : 47, & par les expériences précédentes (*art. XVII*) : : 140 : 127; on aura, en ajoutant ces temps, 187 à 174 pour le rapport encore plus précis

de l'entier refroidissement du bismuth & de l'antimoine.

X L I I.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'argent, de fer, d'émeril & de pierre dure, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Pierre calcaire dure,			
en	11 $\frac{1}{4}$	En	32
Argent, en	13	En	37
Or, en	14	En	40
Emeril, en	15 $\frac{1}{2}$	En	46
Fer, en	17	En	51

Il résulte de cette expérience :

1^{re}. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'émeril, au point de pouvoir les tenir :: 17 : 15 $\frac{1}{2}$, & :: 51 : 46 pour leur entier refroidissement.

2^e. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir :: 17 : 14 par la présente expérience, & :: 45 $\frac{1}{2}$: 37 par les expériences précédentes (*article XI*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 62 $\frac{1}{2}$ à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant :: 51 : 40, & :: 138 : 114 par les expériences précédentes (*article XI*); on aura, en ajoutant ces temps, 189 à 154 pour le rapport

encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & de l'or.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de les tenir :: 17 : 13 par la présente expérience, & :: 67 : 51 par les expériences précédentes (*art. XXXVII*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 à 64 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant :: 51 : 37, & :: 209 : 156 par les expériences précédentes (*art. XXXVII*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 260 à 193 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & de l'argent.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 17 : 11 $\frac{1}{4}$, & :: 51 : 52 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir :: 15 $\frac{1}{2}$: 14 par la présente expérience, & :: 44 : 38 par les expériences précédentes (*art. XVI*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 $\frac{1}{2}$ à 52 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant :: 46 : 40, & :: 131 : 115 par les expériences précédentes (*art. XVI*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 177 à 115 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & de l'or.

6°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir : : $15 \frac{1}{2} : 13$ par la présente expérience, & : : $43 : 32 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XVII*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $58 \frac{1}{2}$ à $45 \frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis du premier refroidissement de l'émeril & de l'argent; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : $46 : 37$, & : : $125 : 98$ par les expériences précédentes (*art. XVII*); on aura, en ajoutant ces temps, 171 à 135 pour le rapport encore plus précis de leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir : : $15 \frac{1}{2} : 12$, & : : $46 : 32$ pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de les tenir : : $14 : 13$ par la présente expérience, & : : $80 : 71$ par les expériences précédentes (*art. XXXVIII*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 94 à 84 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : $40 : 37$, & : : $234 : 201$ par les expériences précédentes (*art. XXXVIII*); on aura, en ajoutant ces temps, 274 à 238 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or & de l'argent.

9°. Que le temps du refroidissement de

l'or est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 14 : 12 par la présente expérience, & :: $39\frac{1}{2}$: $27\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXX*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $53\frac{1}{2}$ à $39\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant :: 40 : 32, & :: 117 : 86 par les expériences précédentes (*article XXX*); on aura, en ajoutant ces temps, 157 à 118 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or & de la pierre dure.

10°. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de pouvoir les tenir :: 13 : 12 par la présente expérience, & :: $45\frac{1}{2}$: $31\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXVII*); ainsi en ajoutant ces temps, on aura, $58\frac{1}{2}$ à $43\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant :: 37 : 32, & :: 125 : 107 par les expériences précédentes (*article XXVIII*); on aura, en ajoutant ces temps, 162 à 139 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent & de la pierre dure.

XLIII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de plomb, de fer, de marbre blanc, de grès,

254 Introduction à l'histoire

de pierre tendre, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Pierre calcaire tendre,			
en	6 $\frac{1}{2}$	En	20
Plomb, en	8	En	29
Grès, en	8 $\frac{1}{2}$	En	29
Marbre blanc, en	10 $\frac{1}{2}$	En	29
Fer, en	15	En	43

XLIV.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Pierre calcaire tendre,			
en	7	En	21
Plomb, en	8	En	28
Grès, en	8 $\frac{1}{2}$	En	28
Marbre blanc, en	10 $\frac{1}{2}$	En	30
Fer, en	16	En	45

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir : : 31 : 21, & : : 88 : 59 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir : : 31 : 17 par la pré-

sente expérience , & :: $53 \frac{1}{2}$: 32 par les expériences précédentes (*art. IV*); ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $84 \frac{1}{2}$ à 49 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second , le rapport donné par la présente expérience , étant :: 88 : 57 , & :: 142 : $102 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article IV*); on aura , en ajoutant ces temps , 230 à $159 \frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & du grès.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb , au point de pouvoir les tenir :: 31 : 16 par les expériences présentes , & :: 74 : 38 par les expériences précédentes (*article XXXIX*); ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 105 à 54 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les expériences présentes , étant :: 98 : 57 , & :: 192 : $124 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XXXIX*); on aura en ajoutant ces temps , 280 à $181 \frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer & du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre tendre , au point de pouvoir les tenir :: 31 : 13 , & :: 88 : 41 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès , au point de les tenir :: 21 : 17 ,

& :: 59 : 57 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du plomb au point de les tenir :: 21 : 16, & :: 59 : 57 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre calcaire tendre, au point de les tenir :: 21 : 13 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & :: 32 : 23 par les expériences précédentes (*art. XXX*); ainsi en ajoutant ces temps, on aura 53 à 36 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant :: 59 : 41, & :: 92 : 68 par les expériences précédentes (*article XXX*); on aura, en ajoutant ces temps, 151 à 159 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc & de la pierre calcaire tendre.

8°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir :: 17 : 16 par les expériences présentes, & :: 42 $\frac{1}{2}$: 35 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. VIII*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 $\frac{1}{2}$ à 51 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant :: 57 : 57, & :: 130 : 121 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. VIII*);
on

On aura, en ajoutant ces temps, 187 à 178 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & du plomb.

9°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir : : 17 : 13 $\frac{1}{2}$, & : : 57 : 41 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir : : 16 : 13 $\frac{1}{2}$, & : : 57 : 41 pour leur entier refroidissement.

XL V.

On a fait chauffer ensemble les boulets de gyps, d'ocre, de craie, de glaise & de verre, & voici l'ordre dans lequel ils se sont refroidis.

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température</i>	
	minutes.		minutes.
Gyps, en	3 $\frac{1}{2}$	En	15
Ocre, en	5 $\frac{1}{2}$	En [.	16
Craie, en	5 $\frac{1}{2}$	En	16
Glaise, en	7	En	18
Verre, en	8 $\frac{1}{2}$	En	24

XL VI.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant
une demi-seconde.

	minutes.
Gyps , en	$3\frac{1}{2}$
Ocre , en	$5\frac{1}{2}$
Craie , en	$5\frac{1}{2}$
Glaife , en	$6\frac{1}{2}$
Verre , en	8

Refroidis à la température.

	minutes.
En	14
En	16
En	16
En	18
En	22

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du verre, est à celui du refroidissement de la glaife, au point de les tenir : : $16\frac{1}{2} : 13\frac{1}{2}$, & : : $46 : 36$ pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du verre, est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : $16\frac{1}{2} : 11$, & : : $46 : 32$ pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre au point de les tenir : : $16\frac{1}{2} : 11$, & : : $46 : 32$ pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : $16\frac{1}{2} : 7$ par la présente expérience, & : : $52 : 21\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXXIII*) ; ainsi on aura en ajoutant ces temps, $68\frac{1}{2}$ à $28\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant : : $46 : 29$, & : : $32 : 78$ par les expériences précédentes (*article XXXIII*) ; on aura en ajoutant ces temps, 178 à 107 pour le

rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & du gyps.

5°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: $13\frac{1}{2}$: 11 par la présente expérience, & :: $12\frac{1}{2}$: 10 par les expériences précédentes (*article xxxv*); ainsi on aura en ajoutant ces temps, 26 à 21 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant :: 36 : 32, & :: 33 : 26 par les expériences précédentes (*article xxxv*); on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 58 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise & de la craie.

6°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: $13\frac{1}{2}$: 11 par les présentes expériences, & :: $12\frac{1}{2}$: $11\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article xxxv*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à $22\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant :: 36 : 32, & :: 33 : 29 par les expériences précédentes (*article xxxv*); on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 61 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise & de l'ocre.

7°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir :: $13\frac{1}{2}$: 17, & :: 36 : 29 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de

la craie est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 11 : 11 par les présentes expériences, & :: 10 : 11 $\frac{1}{2}$ par les précédentes expériences (*article xxxv*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 21 à 22 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant :: 32 : 32, & :: 26 : 29 par les expériences précédentes (*article xxxv*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 58 à 61 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie & de l'ocre.

9°. Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir :: 11 : 7, & :: 32 : 29 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir :: 11 : 7, & :: 32 : 29 pour leur entier refroidissement.

XLVII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de zinc, d'étain, d'antimoine, de grès & de marbre blanc, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Antimoine, en. . .	6	En	16
Etain, en	6 $\frac{1}{2}$	En	20
Grès en	8	En	26
Marbre blanc, en	9 $\frac{1}{2}$	En	29
Zinc, en	11 $\frac{1}{2}$	En	35

XLVIII.

LA même expérience répétée , les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Antimoine , en . . .	5	En	13
Etain , en	6	En	16
Grès , en	7	En	21
Marbre blanc , en . .	8	En	24
Zinc , en	$9\frac{1}{2}$	En	30

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du zinc , est à celui du refroidissement du marbre blanc , au point de les tenir :: 21 : $17\frac{1}{2}$, & :: 65 : 53 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du zinc , est à celui du refroidissement du grès , au point de les tenir :: 21 : 15 , & :: 65 : 47 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'étain , au point de les tenir :: 21 : $12\frac{1}{2}$ par les présentes expériences , & :: 24 : 18 par les expériences précédentes (*article XLI*) ; ainsi , en ajoutant ces temps , on aura 45 à $30\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les expériences présentes , étant :: 65 : 36 , & par les expériences précédentes (*art. XLI*) :: 68 : 47 ; on aura , en ajoutant ces temps , 133 à 83 pour le rapport encore plus précis de

l'entier refroidissement du zinc & de l'étain.

4°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 21 : 11 par les présentes expériences, & : : 73 : 39 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XVII*); ainsi en ajoutant ces temps, on aura 94 à 50 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant : : 65 : 29, & : : 220 : 155 par les expériences précédentes (*art. XVII*); on aura, en ajoutant ces temps, 285 à 184 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de l'antimoine.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de pouvoir les tenir : : 17 $\frac{1}{2}$: 15 par les expériences présentes, & : : 21 : 17 par les expériences précédentes (*art. XLIV*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $\frac{1}{2}$ à 32 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant : : 53 : 47, & : : 59 : 57 par les expériences précédentes (*article XLIV*); on aura, en ajoutant ces temps, 112 à 104 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc & du grès.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : 17 $\frac{1}{2}$: 12 $\frac{1}{2}$, & : : 53 : 36 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : $17\frac{1}{2}$: 11, & : : 53 : 36 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : 15 : $12\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 30 : $21\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. VIII*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 45 à 34 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 47 : 36, & : : 84 : 64 par les expériences précédentes (*art. VIII*); on aura, en ajoutant ces temps, 131 à 100 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & de l'étain.

9°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir : : 15 : 11, & : : 47 : 29 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'antimoine au point de pouvoir les tenir : : $12\frac{1}{2}$: 11 par les présentes expériences, & : : 18 : 16 par les expériences précédentes (*article XL*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 30 $\frac{1}{2}$ à 27 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant : : 36 : 29, & : : 47 : 47 par les expériences précédentes (*art. XL*); on aura,

en ajoutant ces temps, 83 à 76 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'étain & de l'antimoine.

XLIX.

ON a fait chauffer ensemble les boulets de cuivre, d'émeril, de bismuth, de glaise & d'ocre, & ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
minutes.	minutes.
Ocre, en 6	En 18
Bismuth, en 7	En 22
Glaïse, en 7	En 23
Cuivre, en 13	En 36
Emeril, en 15 $\frac{1}{2}$	En 43

L.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température actuelle.</i>
minutes.	minutes.
Ocre, en 5 $\frac{1}{2}$	En 13
Bismuth, en 6	En 18
Glaïse, en 6	En 19
Cuivre, en 10	En 30
Emeril, en 11 $\frac{1}{2}$	En 38

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du cuivre,

cuivre, au point de les tenir :: 27 : 23, & :: 81 : 66 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 27 : 13, & :: 81 : 42 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth au point de les tenir :: 27 : 13 par les présentes expériences, & :: 71 : 35 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XVII*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 98 à 48 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant :: 81 : 40, & par les expériences précédentes (*article XVII*) :: 216 : 140; on aura, en ajoutant ces temps, 297 à 180 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & du bismuth.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir :: 27 : 11 $\frac{1}{2}$, & :: 81 : 31 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 23 : 13, & :: 66 : 42 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir :: 23 : 13 par les présentes expériences; & :: 28 : 16 par les expériences précédentes (*article XLI*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps,

51 à 39 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant : : 66 : 40, & : : 80 : 47 par les expériences précédentes (*article XLI*); on aura, en ajoutant ces temps, 146 à 87 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & du bismuth.

7°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : 33 : $11\frac{1}{2}$, & : : 66 : 31 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir : : 13 : 13, & : : 42 : 41 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : 13 : $11\frac{1}{2}$ par les expériences présentes, & : : 26 : $22\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XLVI*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 39 à 34 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant : : 42 : 31, & : : 69 : 61 par les expériences précédentes (*article XLVI*), on aura, en ajoutant ces temps, 111 à 92 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise & de l'ocre.

10°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'ocre, pour pouvoir les tenir : : 13 : $11\frac{1}{2}$,

& :: 32 : 31 pour leur entier refroidissement.

LI.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de fer, de zinc, de bismuth, de glaïse & de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Craie, en	6 $\frac{1}{2}$	En	18
Bismuth, en	7	En	19
Glaïse, en	8	En	20
Zinc, en	15	En	25
Fer, en	19	En	45

LII.

La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Craie, en	7	En	20
Bismuth, en	7 $\frac{1}{2}$	En	21
Glaïse, en	9	En	24
Zinc, en	16	En	34
Fer, en	21 $\frac{1}{2}$	En	53

On peut conclure de ces deux expériences :

1^{re}. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du zinc,

au point de les tenir :: $40\frac{1}{2}$: 31, & :: 98 : 59 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir :: $40\frac{1}{2}$: $14\frac{1}{2}$, & :: 98 : 40 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: $40\frac{1}{2}$: 17, & :: 98 : 44 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: $40\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$, & :: 98 : 38 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir :: 31 : $14\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & :: $34\frac{1}{2}$: $20\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XV*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $65\frac{1}{2}$ à 35 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant :: 59 : 40, & :: 100 : 80 par les expériences précédentes (*article XV*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 159 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du bismuth.

6°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir :: 31 : 17, & :: 59 : 44 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la craie,

au point de les tenir :: $31 : 12\frac{1}{2}$, & :: $59 : 38$ pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de la glaise , au point de les tenir :: $14\frac{1}{2} : 17$ par les présentes expériences ; & :: $13 : 13$ par les expériences précédentes (*art. L*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $27\frac{1}{2}$ à 30 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les expériences présentes , étant :: $40 : 44$, & :: $41 : 42$ par les expériences précédentes (*art. L*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 81 à 86 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth & de la glaise.

9°. Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de la craie , au point de les tenir :: $14\frac{1}{2} : 13\frac{1}{2}$, & :: $40 : 38$ pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie , au point de les tenir :: $17 : 13\frac{1}{2}$ par les expériences présentes , & :: $26 : 21$ par les expériences précédentes (*art. XLVI*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 43 à $34\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant :: $44 : 38$, & :: $69 : 58$ par les expériences précédentes (*art. XLVI*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 113 à 96 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise & de la craie.

LIII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets d'émeril, de verre, de pierre calcaire dure & de bois, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température,	
	minutes.		minutes.
Bois, en	2 $\frac{1}{2}$	En	15
Verre, en	9 $\frac{1}{2}$	En	28
Grès, en	11	En	34
Pierre calcaire dure, en	12	En	36
Emeril, en	15	En	47

LIV.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température,	
	minutes.		minutes.
Bois, en	2	En	13
Verre, en	7 $\frac{1}{2}$	En	21
Grès, en	8	En	24
Pierre dure, en	8 $\frac{1}{2}$	En	26
Emeril, en	14	En	42

Il résulte de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir :: 21 :

20 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & :: 15 $\frac{1}{2}$: 12 par les expériences précédentes (*article XLII*) ; ainsi en ajoutant ces temps , on aura 44 $\frac{1}{2}$ à 32 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant :: 89 : 62 , & :: 46 : 32 par les expériences précédentes (*article XLII*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 135 à 94 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & de la pierre dure.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril , est à celui du refroidissement du grès , au point de les tenir :: 29 : 19 , & :: 89 : 58 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du verre au point de les tenir :: 29 : 17 , & :: 89 : 49 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bois au point de les tenir :: 29 : 4 $\frac{1}{2}$, & :: 89 : 28 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du grès au point de les tenir :: 20 $\frac{1}{2}$: 19 , & :: 62 : 58 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du verre au point de les tenir :: 20 $\frac{1}{2}$: 17 , & :: 62 : 49 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de

la pierre dure est à celui du refroidissement du bois , au point de les tenir : : $20\frac{1}{2} : 4\frac{1}{2}$, & : : 62 : 28 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre au point de les tenir : : 19 : 17 par les présentes expériences , & : : 55 : 52 par les expériences précédentes (*art. XXXIII*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 74 à 69 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences étant : : 58 : 49 , & : : 170 : 132 par les expériences précédentes (*art. XXXIII*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 228 à 181 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & du verre.

9°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du bois au point de pouvoir les tenir : : $15 : 4\frac{1}{2}$, & : : 58 : 28 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du bois au point de les tenir : : $17 : 4\frac{1}{2}$, & : : 49 : 28 pour leur entier refroidissement.

L.V.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets d'or , d'étain , d'émeril , de gyps & de craie , ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde	minutes.	Refroidis à la température,	minutes.
Gyps , en	5	En	15
Craie , en	$7\frac{1}{2}$	En	21
Etain , en	$11\frac{1}{2}$	En	30
Or , en	16	En	41
Emeril , en	20	En	49

LVI.

LA même expérience répétée , les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	Refroidis à la température,	minutes.
Gyps , en	4	En	13
Grès , en	$6\frac{1}{2}$	En	18
Etain , en	10	En	27
Or , en	15	En	40
Emeril , en	18	En	46

On peut conclure de ces expériences :

1^{re}. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or , au point de les tenir : : 38 : 31 par les expériences présentes , & : : $59\frac{1}{2}$: 52 par les expériences précédentes (art. XLII) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $97\frac{1}{2}$ à 83 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences étant : : 95 : 81 , & : : 166 : 155 par les expériences précédentes (art. XLII) ; on aura , en ajoutant ces temps , 261 à 236 pour le rapport

encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril & de l'or.

2°. Que le temps du refroidissement de l'émeril, est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 38 : 21 $\frac{1}{2}$, & :: 95 : 57 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 38 : 14, & :: 95 : 39 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir :: 38 : 9, & :: 95 : 28 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 31 : 22 par les présentes expériences, & :: 37 : 21 par les expériences précédentes (*art. XI*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 68 à 43 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant :: 81 : 57, & :: 114 : 61 par les expériences précédentes (*article XI*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 195 à 118 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or & de l'étain.

6°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir :: 31 : 14 par les présentes expériences, & :: 21 $\frac{1}{2}$: 10 par les expériences précédentes (*article XXXV*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 52 $\frac{1}{2}$ à 24 pour le rapport plus précis de leur pre-

mier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant : : 81 : 39 , & : : 65 : 26 par les expériences précédentes (*art. XXXV*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 146 à 65 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or & de la craie.

7°. Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gyps , au point de pouvoir les tenir : : 31 : 9 par les présentes expériences , & : : 56 : 17 par les expériences précédentes (*art. XXXVIII*) ; ainsi , on aura , en ajoutant ces temps , 87 à 26 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant : : 81 : 28 , & : : 165 : 53 par les expériences précédentes (*art. XXXVIII*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 246 à 81 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or & du gyps.

8°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de la craie , au point de les tenir : : 22 : 14 , & : : 57 : 39 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de l'étain , est à celui du refroidissement du gyps , au point de les tenir : : 22 : 9 , & : : 57 : 28 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement du gyps , au point de les tenir : : 14 : 9 par les présentes expériences , & : : 11 : 7 par les expériences précédentes (*art. XLVI*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 25

à 16 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences , étant : : 39 : 28 , & : : 32 : 29 par les expériences précédentes (*art. XLVI*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 71 à 57 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie & du gyps.

LVII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de marbre blanc , de marbre commun , de glaïse , d'ocre & de bois , ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température</i>	
	minutes.		minutes.
Bois , en	2 $\frac{1}{2}$	En	9
Ocre , en	6 $\frac{1}{2}$	En	19
Glaïse , en	7 $\frac{1}{2}$	En	21
Marbre commun , en	10 $\frac{1}{2}$	En	29
Marbre blanc , en.	12	En	34

LVIII.

LA même expérience répétée , les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température actuelle.</i>	
	minutes.		minutes.
Bois , en	3	En	11
Ocre , en	7	En	20
Glaïse , en	8 $\frac{1}{2}$	En	23
Marbre commun , en	12 $\frac{1}{2}$	En	32
Marbre blanc , en	13	En	36

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun au point de pouvoir les tenir : : 25 : 22 par les présentes expériences, & : : 39 $\frac{1}{2}$: 36 par les expériences précédentes (*art. XXVII*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 64 $\frac{1}{2}$ à 58 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant : 70 : 61 , & : : 115 : 113 par les expériences précédentes (*art. XXVII*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 185 à 174 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc & du marbre commun.

2°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la glaise , au point de pouvoir les tenir : : 25 : 16 , & : : 70 : 44 pour leur entier refroidissement.

3°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'ocre , au point de les tenir : : 25 : 13 $\frac{1}{2}$, & : : 70 : 39 pour leur entier refroidissement.

4°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc , est à celui du refroidissement du bois , au point de les tenir : : 25 : 5 $\frac{1}{2}$, & : : 70 : 20 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre commun , est à celui du refroidissement de la glaise , au point de les tenir : :

22 : 16 , & :: 61 : 44 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de l'ocre , au point de les tenir :: 22 : 13 $\frac{1}{2}$, & :: 61 : 39 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement du bois , au point de les tenir :: 22 : 5 $\frac{1}{2}$, & :: 61 : 20 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre , au point de les tenir :: 16 : 13 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences , & :: 12 $\frac{1}{2}$: 11 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXXV*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 28 $\frac{1}{2}$ à 20 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant :: 44 : 39 , & :: 33 : 29 par les expériences précédentes (*art. XXXV*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 77 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise & de l'ocre.

9°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du bois , au point de les tenir :: 16 : 5 $\frac{1}{2}$, & :: 44 : 20 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement du bois , au point de les tenir :: 13 $\frac{1}{2}$: 5 $\frac{1}{2}$, & :: 39 : 20 pour leur entier refroidissement.

LIX.

AYANT mis chauffer ensemble les boulets d'argent, de verre, de glaife, d'ocre & de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant.

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Craie , en	5 $\frac{1}{2}$	En	16
Ocre , en	6	En	18
Glaife , en	8	En	22
Verre , en	9 $\frac{1}{2}$	En	29
Argent , en	12 $\frac{1}{2}$	En	35

LX.

LA même expérience répétée , les boulets chauffés plus long-temps se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Craie , en	7	En	22
Ocre , en	8 $\frac{1}{2}$	En	25
Glaife , en	9 $\frac{1}{2}$	En	29
Verre , en	12 $\frac{1}{2}$	En	38
Argent , en	16 $\frac{1}{2}$	En	41

On peut conclure de ces deux expériences :

1^o. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du

verre , au point de les tenir :: 29 : 22 par les présentes expériences , & :: 36 : 25 par les expériences précédentes (*art. XXXIII*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 65 à 47 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant :: 76 : 67 , & :: 103 : 62 par les expériences précédentes (*article XXXIII*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 179 à 129 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent & du verre.

2^e. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la glaise , au point de les tenir :: 29 : 17 $\frac{1}{2}$, & :: 76 : 51 pour leur entier refroidissement.

3^e. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'ocre , ou point de les tenir :: 29 : 14 $\frac{1}{2}$, & :: 76 : 43 pour leur entier refroidissement.

4^e. Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la craie , au point de les tenir :: 29 : 12 $\frac{1}{2}$, & :: 76 : 38 pour leur entier refroidissement.

5^e. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaise , au point de pouvoir les tenir :: 22 : 17 $\frac{1}{2}$ par les expériences présentes , & :: 16 $\frac{1}{2}$: 13 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XLVI*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 38 $\frac{1}{2}$ à 31 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant :: 67 : 51 , & :: 46 : 36
par

par les expériences précédentes (*art. XLVI*); on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 87 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de la glaife.

6°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir : : 22 : 14 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 16 $\frac{1}{2}$: 11 par les expériences précédentes (*article XLVI*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $\frac{1}{2}$ à 25 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant : : 67 : 43, & : : 46 : 32 par les expériences précédentes (*article XLVI*); on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 75 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de l'ocre.

7°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 22 : 12 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 16 $\frac{1}{2}$: 11 par les expériences précédentes (*art. XLVI*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $\frac{1}{2}$ à 23 $\frac{1}{2}$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant : : 67 : 38, & : : 46 : 32 par les expériences précédentes (*art. XLVI*); on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 70 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de la craie.

8°. Que le temps du refroidissement de la glaife est à celui du refroidissement de l'ocre , au point de les tenir : : $17\frac{1}{2}$: $14\frac{1}{2}$ par les présentes expériences , & : : 26 : $22\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XLVI*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $43\frac{1}{2}$ à 57 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par l'expérience présente , étant : : 51 : 43 , & : : 69 : 63 par les expériences précédentes (*article XLVI*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 120 à 104 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaife & de l'ocre.

9°. Que le temps du refroidissement de la glaife est à celui du refroidissement de la craie , au point de pouvoir les tenir : : $17\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$ par les présentes expériences , & : : 26 : 21 par les expériences précédentes (*art. XLVI*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $43\frac{1}{2}$ à $33\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant : : 51 : 38 , & : : 69 : 58 par les expériences précédentes (*art. XLVI*) on aura , en ajoutant ces temps , 120 à 96 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaife & de la craie.

10°. Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement de la craie , au point de pouvoir les tenir : : $14\frac{1}{2}$: $12\frac{1}{2}$ par les présentes expériences , & : : $11\frac{1}{2}$: 10 par les expériences précédentes.

tes (*article XXXV*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 26 à $22\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant : : 43 : 38 & : : 29 : 26 par les précédentes expériences (*article XXXV*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 72 à 64 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'ocre & de la craie.

LXI.

AYANT mis chauffer ensemble à un grand degré de chaleur les boulets de zinc , de bismuth , de marbre blanc , de grès & de gyps , le bismuth s'est fondu tout-à-coup , & il n'est resté que les quatre autres qui se sont refroidis dans l'ordre suivant.

<i>Refroidis à les tenir pendant</i> <i>une demi-seconde.</i>	<i>Refroidis à la température.</i>
minutes.	minutes.
Gyps , en 11	En 28
Grès , en 16	En 42
Marbre blanc , en 19	En 50
Zinc , en 23	En 57

LXII.

LA même expérience répétée avec les quatre boulets ci-dessus & un boulet de plomb , à un feu moins ardent , ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Gyps, en	4 $\frac{1}{2}$	En	16
Plomb, en	9 $\frac{1}{2}$	En	28
Grès, en	10	En	32
Marbre blanc, en	12 $\frac{1}{2}$	En	36
Zinc, en	15	En	43

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de pouvoir les tenir : : 38 : 31 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 21 : 17 $\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XLVIII*) ; ainsi en ajoutant ces temps, on aura 59 à 49 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant : : 100 : 86 , & : : 65 : 53 par les expériences précédentes (*art. XLVIII*) , on aura , en ajoutant ces temps, 165 à 139 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du marbre blanc.

2°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir : : 38 : 26 par les présentes expériences, & : : 21 : 115 par les expériences précédentes (*article XLVIII*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps, 59 à 41 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant

:: 100 : 74, & :: 65 : 47 par les expériences précédentes (*article XLVIII*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 121 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du grès.

3°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir :: 15 : $9\frac{1}{2}$ par la présente expérience, & :: 73 : $43\frac{3}{4}$ par les expériences précédentes (*art. XVII*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 89 à $53\frac{1}{4}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant :: 43 : 20, & :: 220 : 189 par les expériences précédentes (*article XVII*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 263 à 209 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du plomb.

4°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir :: 38 : $15\frac{1}{2}$, & :: 100 : 44 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir :: $31\frac{1}{2}$: 26 par les présentes expériences, & :: $38\frac{1}{2}$: 32 par les expériences précédentes (*art. XLVIII*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 70 à 58 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant :: 86 : 74, & :: 112 : 104 par les expériences précédentes (*article XLVIII*) ; on aura, en ajoutant ces

temps , 198 à 178 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc & du grès.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du plomb , au point de les tenir : : $12\frac{1}{2}$: $9\frac{1}{2}$, & : : 36 : 20 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du gyps , au point de pouvoir les tenir : : 31 : $15\frac{1}{2}$, & : : 86 : 44 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb , au point de les tenir : : 18 : $9\frac{1}{2}$ par la présente expérience , & : : 59 : $51\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XLIV*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $69\frac{1}{2}$ à 61 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant : : 32 : 20 , & : : 187 : 178 par les expériences précédentes (*art. XLIV*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 211 à 96 pour le rapport plus précis de l'entier refroidissement du grès & du plomb.

9°. Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gyps au point de pouvoir les tenir : : 26 : $15\frac{1}{2}$ par les présentes expériences , & : : 55 : $21\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XXXIII*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 81 à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le

rapport donné par les présentes expériences, étant :: 74 : 44, & :: 170 : 78 par les expériences précédentes (*article XXXIII*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 244 à 122 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès & du gyps.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : $9\frac{1}{2}$: $4\frac{1}{2}$, & :: 28 : 16 pour leur entier refroidissement.

LXIII.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de cuivre, d'antimoine, de marbre commun, de pierre calcaire tendre & de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Craie, en	$6\frac{1}{2}$	En	20
Antimoine, en. . .	$7\frac{1}{2}$	En	26
Pierre tendre, en .	$7\frac{1}{2}$	En	26
Marbre commun, en	$11\frac{1}{2}$	En	31
Cuivre, en	16	En	49

LXIV.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Craie, en	$5\frac{1}{2}$	En	18
Antimoine, en . .	6	En	24

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	Refroidis à la température.	minutes.
Pierre tendre , en	8	En	23
Marbre commun, en	10	En	29
Cuivre, en	$13\frac{1}{2}$	En	38

On peut conclure de ces deux expériences :

1^o. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du marbre commun , au point de pouvoir les tenir :: $29\frac{1}{2}$: $21\frac{1}{2}$ par les présentes expériences , & :: 45 : $35\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. V*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $74\frac{1}{2}$ à 57 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant :: 87 : 60 , & :: 125 : 111 par les expériences précédentes (*article V*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 212 à 170 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & du marbre commun.

2^o. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la pierre tendre , au point de pouvoir les tenir :: $29\frac{1}{2}$: $15\frac{1}{2}$, & :: 87 : 49 pour leur entier refroidissement.

3^o. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'antimoine au point de les tenir :: $29\frac{1}{2}$: $13\frac{1}{2}$ par les présentes expériences , & :: 28 : 16 par les expériences précédentes (*art. XLI*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $57\frac{1}{2}$ à $29\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier

premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les expériences présentes , étant : : 87 : 50 , & : : 80 : 47 par les expériences précédentes *art. (XLI)* ; on aura , en ajoutant ces temps , 167 à 97 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre & de l'antimoine.

4°. Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la craie au point de pouvoir les tenir : : $29\frac{1}{2}$: 12 , & : : 87 : 38 pour leur entier refroidissement.

5°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre tendre , au point de les tenir : : $21\frac{1}{2}$: 14 par les expériences présentes , & : : $29\frac{1}{2}$: 23 par les expériences précédentes (*article xxx*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , $50\frac{1}{2}$ à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant : : 60 : 49 , & : : 87 : 68 par les expériences précédentes (*article xx*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 147 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre commun & de la pierre tendre.

6°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de l'antimoine , au point de les tenir : : $21\frac{1}{2}$: $13\frac{1}{2}$, & : : 60 : 50 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la craie , au point de pouvoir les tenir : : $21\frac{1}{2}$: 12 , & : : 60 : 38 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement de l'antimoine , au point de pouvoir les tenir :: 14 : 13 $\frac{1}{2}$, & :: 49 : 50 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement de la craie , au point de pouvoir les tenir :: 14 : 12, & :: 49 : 38 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la craie , au point de pouvoir les tenir :: 13 $\frac{1}{2}$: 12, & :: 50 : 38 pour leur entier refroidissement.

L X V.

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de plomb , d'étain , de verre , de pierre calcaire dure , d'ocre & de glaïse , ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

<i>Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.</i>		<i>Refroidis à la température.</i>	
	minutes.		minutes.
Ocre , en	5	En	16
Glaïse , en	7 $\frac{1}{2}$	En	20
Etain , en	8 $\frac{1}{2}$	En	21
Plomb , en	9 $\frac{1}{2}$	En	23
Verre , en	10	En	27
Pierre dure , en . .	10 $\frac{1}{2}$	En	29

Il résulte de cette expérience :

1°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du verre , au point de les tenir :: 10 $\frac{1}{2}$: 10

par la présente expérience, & : : $20\frac{1}{2}$: 17 par les expériences précédentes (*article LIV*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 31 à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 29 : 27 , & : : 62 : 49 par les expériences précédentes (*article XLIV*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 91 à 76 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre dure & du verre.

2°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : 10 : $9\frac{1}{2}$ par la présente expérience, & : : 12 : 11 par les expériences précédentes (*article XXXIX*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 22 à $20\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant : : 27 : 23 , & : : 35 : 30 par les expériences précédentes (*article XXXIX*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 62 à 53 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & du plomb.

3°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir : : 10 : $8\frac{1}{2}$ par la présente expérience, & : : 46 : $42\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXXIX*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 56 à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant : : 27 : 21 , & par les expériences

précédentes (*article XXXIX*) : : 132 : 117 ; on aura, en ajoutant ces temps, 159 à 138 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de l'étain.

4°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaïse, au point de pouvoir les tenir : : 10 : $7\frac{1}{2}$, & : : $38\frac{1}{2}$: 31 par les expériences précédentes (*article LX*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $48\frac{1}{2}$ à $38\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant : : 27 : 20, & : : 113 : 87 par les expériences précédentes (*article LX*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 107 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de la glaïse.

5°. Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir : : 10 : 5 par les présentes expériences, & : : $38\frac{1}{2}$: $25\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article LX*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $48\frac{1}{2}$ à 30 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 27 : 16, & par les expériences précédentes (*article LX*) : : 113 : 75 ; on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 91 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre & de l'ocre.

6°. Que le temps du refroidissement de la

Pierre dure est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir : : $10 \frac{1}{2}$: $9 \frac{1}{2}$, & : : 29 : 23 pour leur entier refroidissement.

7°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : $10 \frac{1}{2}$: $8 \frac{1}{2}$, & : : 29 : 21 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir : : $10 \frac{1}{2}$: $7 \frac{1}{2}$, & : : 29 : 20 pour leur entier refroidissement.

9°. Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : $10 \frac{1}{2}$: 5, & : : 29 : 16 pour leur entier refroidissement.

10°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir : : $9 \frac{1}{2}$: $8 \frac{1}{2}$ par la présente expérience, & : : $36 \frac{1}{2}$: $31 \frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXXIX*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 46 à 40 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 23 : 21, & : : 109 : 89 par les expériences précédentes (*article XXXIX*); on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 110 pour

le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & de l'étain.

11°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la glaïse, au point de pouvoir les tenir : : $9\frac{1}{2}$: $7\frac{1}{2}$ par la présente expérience, & : : 7 : $5\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article XXXV*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $16\frac{1}{2}$ à 13 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 23 : 20, & : : 18 : 15 par les expériences précédentes (*article XXXV*); on aura, en ajoutant ces temps, 41 à 35 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & de la glaïse.

12°. Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir : : $9\frac{1}{2}$: 5 par la présente expérience, & : : 7 : 5 par les expériences précédentes (*article XXXV*); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $16\frac{1}{2}$ à 10 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 23 : 16, & : : 18 : 13 par les expériences précédentes (*article XXXV*); on aura, en ajoutant ces temps, 41 à 29 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb & de l'ocre.

13°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de la glaïse, au point de les tenir : : $8\frac{1}{2}$: $7\frac{1}{2}$, & : : 21 : 20 pour leur entier refroidissement.

14°. Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir : : $8\frac{1}{2}$: 5, & :: 21 : 16 pour leur entier refroidissement.

15°. Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir : : $7\frac{1}{2}$: 5 par la présente expérience, & : : $43\frac{1}{2}$: 37 par les expériences précédentes (art. LX); ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 50 à 42 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par la présente expérience, étant : : 20 : 16, & : : 120 : 104 par les expériences précédentes (article LX); on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise & de l'ocre.

LXVI

AYANT fait chauffer ensemble les boulets de zinc, d'antimoine, de pierre calcaire tendre, de craie & de gyps, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température:	
	minutes.		minutes.
Gyps, en	$3\frac{1}{2}$	En	11
Craie, en	5	En	16
Antimoine, en . .	6	En	22
Pierre tendre, en	$7\frac{1}{2}$	En	23
Zinc, en	$14\frac{1}{2}$	En	29

LXVII.

LA même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		Refroidis à la température.	
	minutes.		minutes.
Gyps, en	$3\frac{1}{2}$	En	12
Craie, en	$4\frac{3}{4}$	En	14
Antimoine, en. . . .	6	En	20
Pierre tendre, en	8	En	21
Zinc, en	$13\frac{1}{2}$	En	28

On peut conclure de ces deux expériences :

1°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir :: 28 : 15 $\frac{1}{2}$, & :: 57 : 44 pour leur entier refroidissement.

2°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir :: 28 : 12 par les présentes expériences, & :: 94 : 52 par les expériences précédentes (*article XLVIII*); ainsi en ajoutant ces temps, on aura 122 à 64 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant :: 57 : 42, & :: 285 : 184 par les expériences précédentes (*art. XLVIII*); on aura, en ajoutant ces temps, 342 à 226

pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de l'antimoine.

3°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir : : 28 : $9\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 31 : $12\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article LII*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à 22 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant : : 57 : 30, & : : 59 : 38 par les expériences précédentes (*article LII*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 116 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & de la craie.

4°. Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du gyps, au point de pouvoir les tenir : : 28 : 7 par les présentes expériences, & : : 38 : $15\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*article LXII*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 66 à $22\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant : : 57 : 23, & : : 100 : 44 par les expériences précédentes (*art. LXII*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 157 à 67 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc & du gyps.

5°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de

la pierre calcaire tendre , au point de les tenir : : 12 : 15 $\frac{1}{2}$, & : : 42 : 44 pour leur entier refroidissement.

6°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la craie , au point de pouvoir les tenir : : 12 : 9 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences, & : : 13 $\frac{1}{2}$: 12 par les expériences précédentes (*article LXIV*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 25 $\frac{1}{2}$ à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les présentes expériences , étant : : 42 : 30 , & : : 50 : 38 par les expériences précédentes (*article LXIV*) ; on aura , en ajoutant ces temps , 92 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'antimoine & de la craie.

7°. Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement du gyps , au point de pouvoir les tenir : : 12 : 7 , & : : 42 : 23 pour leur entier refroidissement.

8°. Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement de la craie , au point de pouvoir les tenir : : 15 $\frac{1}{2}$: 9 $\frac{1}{2}$ par les présentes expériences , & : : 14 : 12 par les expériences précédentes (*article LXIV*) ; ainsi on aura , en ajoutant ces temps , 29 $\frac{1}{2}$ à 21 $\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second , le rapport donné par les

présentes expériences, étant : : 44 : 30, & : : 49 : 38 par les expériences précédentes (*article LXIV*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 93 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre tendre & de la craie.

9°. Que le temps du refroidissement de la pierre calcaire tendre est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : $15\frac{1}{2}$: 7 par les présentes expériences, & : : 12 : $4\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (*art. XXXVIII*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $27\frac{1}{2}$ à $11\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les expériences présentes, étant : : 44 : 23, & : : 27 : 14 par les expériences précédentes (*article XXXVIII*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 71 à 37 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre tendre & du gyps.

10°. Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement du gyps, au point de les tenir : : $9\frac{1}{2}$: 7 par les présentes expériences, & : : 25 : 16 par les expériences précédentes (*article LVI*) ; ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $34\frac{1}{2}$ à 23 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; & pour le second, le rapport donné par les présentes expériences, étant : : 30 : 23, & : : 71 : 57 par les expériences précédentes (*article LVI*) ; on aura, en ajoutant ces temps, 101 à 80 pour le rap-

port encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie & du gyps.

Je borne ici cette suite d'expériences assez longues à faire & fort ennuyeuses à lire ; j'ai cru devoir les donner telles que je les ai faites à plusieurs reprises dans l'espace de six ans : si je m'étois contenté d'en additionner les résultats, j'aurois à la vérité fort abrégé ce Mémoire ; mais on n'auroit pas été en état de les répéter ; & c'est cette considération qui m'a fait préférer de donner l'énumération & le détail des expériences mêmes, au lieu d'une table abrégée que j'aurois pu faire de leurs résultats accumulés. Je vais néanmoins donner par forme de récapitulation, la Table générale de ces rapports tous comparés à 10000, afin que d'un coup-d'œil on puisse en saisir les différences.

T A B L E

Des rapports du refroidissement des différentes substances minérales.

F E R.

	Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Emeril. . . .	10000 à 9117	— 9020
Cuivre . . .	10000 à 8512	— 8702
Or	10000 à 8160	— 8148
Zinc	10000 à 7654	— 6020
	6804	
Argent . . .	10000 à 7619	— 7423
Marbre blanc	10000 à 6774	— 6704
Marbre com-		
mun	10000 à 6636	— 6746
Pierre calcai-		
re dure . .	10000 à 6617	— 6274
Grès	10000 à 5796	— 6926
Verre	10000 à 5576	— 5805
Plomb	10000 à 5143	— 6482
Étain	10000 à 4898	— 4921
Pierre calcai-		
re tendre. .	10000 à 4194	— 4659
Glaife . . .	10000 à 4198	— 4490
Bismuth. . .	10000 à 3580	— 4081
Craie	10000 à 3086	— 3878
Gyps.	10000 à 2325	— 2817
Bois	10000 à 1860	— 1549
Pierre-ponce.	10000 à 1627	— 1268

FER &

ÉMERIL.

	Premier refroidissement	Entier refroidissement.
Cuivre	10000 à 8519	— 8148
Or	10000 à 8513	— 8560
Zinc.	10000 à 8390	— 7692
Argent	10000 à 7778	— 7895
Pierre calcaire dure	10000 à 7304	— 6963
Grès	10000 à 6552	— 6517
Verre	10000 à 5862	— 5506
Plomb	10000 à 5718	— 6643
Étain	10000 à 5658	— 6000
Glaife	10000 à 5185	— 5185
Bismuth	10000 à 4949	— 6060
Antimoine	10000 à 4540	— 5827
Ocre	10000 à 4259	— 3827
Craie	10000 à 3684	— 4105
Gyps	10000 à 2368	— 2947
Bois	10000 à 1552	— 3146

CUIVRE.

Or	10000 à 9136	— 9194
Zinc	10000 à 8571	— 9250
Argent	10000 à 8395	— 7823
Marbre commun	10000 à 7638	— 8019
Grès	10000 à 7333	— 8160
Verre	10000 à 6667	— 6567
Plomb	10000 à 6179	— 7367
Étain	10000 à 5746	— 6916

Premier Entier
refroidissement. refroidissement.

Cuivre &	Pierre calcai-		
	re tendre.	10000 à 5168	— 5633.
	Glaife. . . .	10000 à 5652	— 6363
	Bismuth. . .	10000 à 5686	— 5059
	Antimoine .	10000 à 5130	— 5808
	Ocre	10000 à 5000	— 4697
	Craie	10000 à 4068	— 4368

O R.

Or &	Zinc	10000 à 9474	— 9304
		8422	
	Argent . . .	10000 à 8936	— 8686
	Marbre blanc	10000 à 8101	— 7863
	Marbre com-		
	mun	10000 à 7342	— 7435
	Pierre calcai-		
	re dure . .	10000 à 7383	— 7516
	Grès	10000 à 7368	— 7627
	Verre	10000 à 7103	— 5932
	Plomb. . . .	10000 à 6526	— 7500
	Etain	10000 à 6324	— 6051
	Pierre calcai-		
	re tendre.	10000 à 6087	— 5811
	Glaife . . .	10000 à 5814	— 5077
	Bismuth . .	10000 à 5658	— 7043
	Porcelaine .	10000 à 5526	— 5593
	Antimoine .	10000 à 5395	— 6348
	Ocre	10000 à 5349	— 4462
	Craie	10000 à 4571	— 4452
	Gyps	10000 à 2989	— 3293

Premier Entier
refroidissement. refroidissement.

Z I N C.

	Argent . . .	10000	à	8904 ¹⁰⁰¹⁵	—	8990
	Marbre blanc	10000	à	8305 ⁷¹⁹⁴	—	8424
	Grès	10000	à	6949 ⁵⁸³⁸	—	7333
	Plomb . . .	10000	à	6051 ⁴⁹⁴⁰	—	7947
	Etain . . .	10000	à	6777 ⁵⁶⁶⁶	—	6240
	Pierre calcai-					
Zinc &...	re tendre .	10000	à	5536 ⁴⁴²⁵	—	7719
	Glaife. . .	10000	à	5484 ⁴³⁷³	—	7458
	Bismuth. . .	10000	à	5343 ⁴²³²	—	7547
	Antimoine .	10000	à	5246 ⁴¹³⁵	—	6608
	Craie . . .	10000	à	3729 ²⁶¹⁸	—	5862
	Gyps	10000	à	3409 ²²⁹⁸	—	4268

A R G E N T.

	Marbre blanc	10000	à	8681	—	9200
	Marbre com-					
Argent &..	mun	10000	à	7912	—	9040
	Pierre calcai-					
	re dure . .	10000	à	7436	—	8580
	Grès	10000	à	7361	—	7767

	Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
--	-----------------------------	----------------------------

Argent &	Verre	10000 à	7230 —	7212
	Plomb	10000 à	7154 —	9184
	Etain	10000 à	6176 —	6289
	Pierre calcai-			
	re tendre. . . .	10000 à	6178 —	6287
	Glaife	10000 à	6034 —	6710
	Bismuth	10000 à	6308 —	8877
	Porcelaine	10000 à	5556 —	5242
	Antimoine	10000 à	5692 —	7653
	Ocre	10000 à	5000 —	5658
	Craie	10000 à	4310 —	5000
	Gyps	10000 à	2879 —	3366
	Bois	10000 à	2353 —	1864
	Pierre-ponce	10000 à	2059 —	1525

MARBRE BLANC.

Marbre blanc &....	Marbre com-			
	mun	10000 à	8992 —	9405
	Pierre dure. . . .	10000 à	8594 —	9130
	Grès	10000 à	8286 —	8990
	Plomb	10000 à	7604 —	5555
	Etain	10000 à	7143 —	6792
	Pierre calcai-			
	re tendre.	10000 à	6792 —	7218
	Glaife	10000 à	6400 —	6286
	Antimoine.	10000 à	6286 —	6792
	Ocre.	10000 à	5400 —	5571
	Gyps.	10000 à	4920 —	5116
	Bois	10000 à	2200 —	2857

Premier
refroidissement.Entier
refroidissement.

MARBRE COMMUN.

Marbre commun &	Pierre dure.	10000 à	9483	—	9655
	{ Grès.	10000 à	8767	—	9273
	{ Plomb	10000 à	7671	—	8570
	{ Etain.	10000 à	7424	—	6666
	Pierre tendre.	10000 à	7327	—	7959
	{ Glaife	10000 à	7272	—	7213
	{ Antimoine	10000 à	6279	—	8333
	{ Ocre.	10000 à	6136	—	6393
	{ Craie	10000 à	5581	—	6333
	{ Bois	10000 à	2500	—	3279

PIERRE CALCAIRE DURE.

Pierre dure &	{ Grès	10000 à	9268	—	9355
	{ Verre	10000 à	8710	—	8352
	{ Plomb	10000 à	8571	—	7931
	{ Etain	10000 à	8095	—	7931
	Pierre tendre.	10000 à	8000	—	8095
	{ Glaife	10000 à	6190	—	6897
	{ Ocre	10000 à	4762	—	5517
	{ Bois	10000 à	2195	—	4516

GRÈS.

Grès &	{ Verre	10000 à	9324	—	7939
	{ Plomb	10000 à	8561	—	8950
	{ Etain	10000 à	7667	—	7633
	Pierre tendre.	10000 à	7647	—	7193
	{ Porcelaine	10000 à	7364	—	7059

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Grès &	{ Antimoine	10000 à 7333	— 6170
	{ Gyps	10000 à 4568	— 5000
	{ Bois	10000 à 2368	— 4828

V E R R E.

Verre &	{ Plomb	10000 à 9318	— 8548
	{ Etain	10000 à 9107	— 8679
	{ Glaife	10000 à 7938	— 7643
	{ Porcelaine	10000 à 7692	— 8863
	{ Ocre	10000 à 6289	— 6500
	{ Craie	10000 à 6104	— 6295
	{ Gyps	10000 à 4160	— 6011
	{ Bois	10000 à 2647	— 5514

P L O M B.

Plomb &	{ Etain	10000 à 8695	— 8333
	{ Pierre tendre	10000 à 8437	— 7192
	{ Glaife	10000 à 788	— 8536
	{ Bismuth	10000 à 8698	— 8750
	{ Antimoine	10000 à 8241	— 8201
	{ Ocre	10000 à 6060	— 7073
	{ Craie	10000 à 5714	— 6111
	{ Gyps	10000 à 4736	— 5714

E T A I N.

Etain &	{ Glaife	10000 à 8823	— 9514
	{ Bismuth	10000 à 8388	— 9400
	{ Antimoine	10000 à 8710	— 9156

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Etain &	{ Ocre	10000 à 5882	— 7619
	{ Craie	10000 à 6364	— 6842
	{ Gyps	10000 à 4090	— 4912

PIERRE CALCAIRE TENDRE.

Pierre tendre & ...	{ Antimoine	10000 à 7742	— 9545
	{ Craie	10000 à 7288	— 7312
	{ Gyps	10000 à 4182	— 5211

GLAISE.

Glaïse &...	{ Bismuth	10000 à 8870	— 9419
	{ Ocre	10000 à 8400	— 8571
	{ Craie	10000 à 7701	— 8000
	{ Gyps	10000 à 5185	— 8055
	{ Bois	10000 à 3437	— 4545

BISMUTH.

Bismuth &	{ Antimoine	10000 à 9349	— 9572
	{ Ocre	10000 à 8846	— 7380
	{ Craie	10000 à 8620	— 9500

PORCELAINE.

Porcelaine & Gyps . . .	10000 à 5308	— 6500
-------------------------	--------------	--------

ANTIMOINE.

Antimoine &	{ Craie	10000 à 8431	— 7391
	{ Gyps	10000 à 5833	— 5476

Premier Entier
refroidissement refroidissement.

O C R E.

Ocre &....	{	Craie	10000 à 8654 —	8889
		Gyps	10000 à 6364 —	9062
		Bois	10000 à 4074 —	5128

C R A I E.

Craie &	Gyps.	10000 à 6667 —	7920
---------	---------------	----------------	------

G Y P S.

Gyps &	{	Bois	10000 à 8000 —	5250
		Pierre-ponce.	10000 à 7000 —	4500

B O I S.

Bois &	Pierre-ponce	10000 à 8750 —	8182
--------	--------------	----------------	------

Quelque attention que j'aye donnée à mes expériences ; quelque soin que j'aye pris pour en rendre les rapports plus exacts , j'avoue qu'il y a encore quelques imperfections dans cette Table qui les contient tous ; mais ces défauts sont légers & n'influent pas beaucoup sur les résultats généraux ; par exemple , on s'appercevra aisément que le rapport du zinc au plomb , étant de 10000 à 6051 , celui du zinc à l'étain devrait être moindre de 6000 , tandis qu'il se trouve dans la Table de 6777. Il en est de même de celui de l'argent au bismuth , qui de-

vrait être moindre que 6308; & encore de celui du plomb à la glaise, qui devrait être de plus de 8000, & qui ne se trouve être dans la Table que de 7878; mais cela provient de ce que les boulets de plomb & de bismuth n'ont pas toujours été les mêmes, ils se sont fondus aussi-bien que ceux d'étain & d'antimoine, ce qui n'a pu manquer de produire des variations, dont les plus grandes sont les trois que je viens de remarquer. Il ne m'a pas été possible de faire mieux: les différens boulets de plomb, d'étain, de bismuth & d'antimoine dont je me suis successivement servi, étoient faits, à la vérité, sur le même calibre, mais la matiere de chacun pouvoit être un peu différente, selon la quantité d'alliage du plomb & de l'étain; car je n'ai eu de l'étain pur que pour les deux premiers boulets: d'ailleurs il reste assez souvent une petite cavité dans ces boulets fondus, & ces petites causes fussent pour produire les petites différences qu'on pourra remarquer dans ma Table.

Il en est de même du rapport de l'étain à l'ocre, qui devrait être de plus de 6000, & qui ne se trouve dans la Table que de 5882, parce que l'ocre étant une matiere friable qui diminue par le frottement, j'ai été obligé de changer trois ou quatre fois les boulets d'ocre. J'avoue qu'en donnant à ces expériences le double du très long temps que j'y ai employé, j'aurois pu parvenir à un plus grand degré de précision; mais je me flatte qu'il y en a suffisamment,

pour qu'on soit convaincu de la vérité des résultats que l'on peut en tirer. Il n'y a guere que les personnes accoutumées à faire des expériences, qui sachent combien il est difficile de constater un seul fait de la Nature par tous les moyens que l'art peut nous fournir, il faut joindre la patience au génie, & souvent cela ne suffit pas encore, il faut quelquefois renoncer malgré soi au degré de précision que l'on desireroit, parce que cette précision en exigeroit une toute aussi grande dans toutes les mains dont on se sert, & demanderoit en même temps une parfaite égalité dans toutes les matieres que l'on emploie; aussi tout ce que l'on peut faire en Physique expérimentale, ne peut pas nous donner des résultats rigoureusement exacts, & ne peut aboutir qu'à des approximations plus ou moins grandes; & quand l'ordre général de ces approximations ne se dément que par de légères variations, on doit être satisfait.

Au reste, pour tirer de ces nombreuses expériences tout le fruit que l'on doit en attendre, il faut diviser les matieres qui en font l'objet, en quatre classes ou genres différens.

1°. Les métaux; 2° les demi-métaux & minéraux métalliques; 3°. les substances vitrées & vitrescibles; 4°. les substances calcaires & calcinables. Comparer ensuite les matieres de chaque genre entr'elles pour tâcher de reconnoître la cause ou les causes de l'ordre que suit le progrès de la chaleur dans chacune, & enfin comparer les genres même entr'eux,

pour essayer d'en déduire quelques résultats généraux.

I.

L'ORDRE des six métaux , suivant leur densité , est étain , fer , cuivre , argent , plomb , or ; tandis que l'ordre dans lequel ces métaux reçoivent & perdent la chaleur , est étain , plomb , argent , or , cuivre , fer , dans lequel il n'y a que l'étain qui conserve sa place.

Le progrès & la durée de la chaleur dans les métaux ne suit donc pas l'ordre de leur densité , si ce n'est pour l'étain qui , étant le moins dense de tous , est en même temps celui qui perd le plutôt sa chaleur ; mais l'ordre des cinq autres métaux nous démontre que c'est dans le rapport de leur fusibilité que tous reçoivent & perdent la chaleur ; car le fer est plus difficile à fondre que le cuivre , le cuivre l'est plus que l'or , l'or plus que l'argent , l'argent plus que le plomb , le plomb plus que l'étain ; on doit donc en conclure que ce n'est qu'un hasard si la densité & la fusibilité de l'étain se trouvent ici réunies pour le placer au dernier rang.

Cependant ce seroit trop s'avancer que de prétendre qu'on doit tout attribuer à la fusibilité , & rien du tout à la densité ; la Nature ne se dépouille jamais d'une de ses propriétés en faveur d'une autre , d'une manière absolue ; c'est-à-dire , de façon que la première n'influe en rien sur la seconde ; ainsi la densité peut bien entrer pour quelque chose dans le progrès de la chaleur ;
mais

mais au moins nous pouvons prononcer affirmativement que dans les fix métaux elle n'y fait que très peu, au lieu que la fusibilité y fait presque le tout.

Cette première vérité n'étoit connue ni des Chimistes ni des Physiciens : on n'auroit pas même imaginé que l'or qui est plus de deux fois & demie plus dense que le fer, perd néanmoins sa chaleur un demi-tiers plus vite. Il en est de même du plomb, de l'argent & du cuivre, qui tous sont plus denses que le fer, & qui, comme l'or, s'échauffent & se refroidissent plus promptement ; car quoiqu'il ne soit question que du refroidissement dans ce second Mémoire, les expériences du Mémoire qui précède celui-ci, démontrent, à n'en pouvoir douter, qu'il en est de l'entrée de la chaleur dans les corps comme de sa sortie, & que ceux qui la reçoivent le plus vite, sont en même temps ceux qui la perdent le plutôt.

Si l'on réfléchit sur les principes réels de la densité & sur la cause de la fusibilité, on sentira que la densité dépend absolument de la quantité de matière que la Nature place dans un espace donné ; que plus elle peut y en faire entrer, plus il y a de densité, & que l'or est à cet égard la substance qui de toutes contient le plus de matière relativement à son volume. C'est pour cette raison que l'on avoit cru jusqu'ici, qu'il falloit plus de temps pour échauffer ou refroidir l'or que les autres métaux ; il est en effet assez naturel de penser, que con-

tenant sous le même volume , le double ou le triple de matiere , il faudroit le double ou le triple du temps pour la pénétrer de chaleur , & cela seroit vrai , si dans toutes les substances les parties constitutantes étoient de la même figure , & en conséquence toutes arrangées de même. Mais dans les unes , comme dans les plus denses , les molécules de la matiere sont probablement de figure assez réguliere , pour ne pas laisser entr'elles de très grands espaces vides ; dans d'autres moins denses , leurs figures plus irrégulieres , laissent des vides plus nombreux & plus grands ; & dans les plus légères , les molécules étant en petit nombre & probablement de figure très irréguliere , il se trouve mille & mille fois plus de vide que de plein : car on peut démontrer par d'autres expériences , que le volume de la substance même la plus dense , contient encore beaucoup plus d'espace vide que de matiere pleine.

Or , la principale cause de la fusibilité , est la facilité que les particules de la chaleur trouvent à séparer les unes des autres ces molécules de la matiere pleine : que la somme des vides en soit plus ou moins grande , ce qui fait la densité ou la légèreté , cela est indifférent à la séparation des molécules qui constituent le plein ; & la plus ou moins grande fusibilité dépend en entier de la force de cohérence qui tient unies ces parties massives , & s'oppose plus ou moins à leur séparation. La dilatation

du volume total est le premier degré de l'action de la chaleur ; & dans les différens métaux , elle se fait dans le même ordre que la fusion de la masse qui s'opere par un plus grand degré de chaleur ou de feu. L'étain , qui de tous se fond le plus promptement , est aussi celui qui se dilate le plus vite ; & le fer qui est de tous le plus difficile à fondre , est de même celui dont la dilatation est la plus lente.

D'après ces notions générales qui paroissent claires , précises & fondées sur des expériences que rien ne peut démentir , on seroit porté à croire que la ductilité doit suivre l'ordre de la fusibilité , parce que la plus ou moins grande ductilité semble dépendre de la plus ou moins grande adhésion des parties dans chaque métal ; cependant cet ordre de la ductilité des métaux , paroît avoir autant de rapport à l'ordre de la densité qu'à celui de leur fusibilité. Je dirois volontiers qu'il est en raison composée des deux autres , mais ce n'est que par estime & par une présomption qui n'est peut-être pas assez fondée ; car il n'est pas aussi facile de déterminer au juste les différens degrés de la fusibilité que ceux de la densité ; & comme la ductilité participe des deux , & qu'elle varie suivant les circonstances , nous n'avons pas encore acquis les connoissances nécessaires pour prononcer affirmativement sur ce sujet , qui est d'une assez grande importance pour mériter des recherches particulières. Le même métal traité à froid ou à chaud , donne des

résultats tout différens : la malléabilité est le premier indice de la ductilité, mais elle ne nous donne néanmoins qu'une notion assez imparfaite du point auquel la ductilité peut s'étendre. Le plomb, le plus souple, le plus malléable des métaux, ne peut se tirer à la filiere en fils aussi fins que l'or ou même que le fer qui de tous est le moins malléable. D'ailleurs il faut aider la ductilité des métaux par l'addition du feu, sans quoi ils s'écrouissent & deviennent cassans ; le fer même, quoique le plus robuste de tous, s'écrouit comme les autres ; ainsi la ductilité d'un métal & l'étendue de continuité qu'il peut supporter, dépendent non-seulement de sa densité & de sa fusibilité, mais encore de la manière dont on le traite, de la percussion plus lente ou plus prompte, & de l'addition de chaleur ou de feu qu'on lui donne à propos.

II.

MAINTENANT si nous comparons les substances qu'on appelle *demi-métaux* & *minéraux métalliques* qui manquent de ductilité, nous verrons que l'ordre de leur densité est, émeril, zinc, antimoine, bismuth ; & que celui dans lequel ils reçoivent & perdent la chaleur, est antimoine, bismuth, zinc, émeril ; ce qui ne suit en aucune façon l'ordre de leur densité, mais plutôt celui de leur fusibilité : l'émeril, qui est un minéral ferrugineux, quoiqu'une fois moins dense que le bismuth, conserve aussi la chaleur une fois plus long-temps ; le zinc, plus léger que l'anti-

moine & le bismuth, conserve aussi la chaleur beaucoup plus long-temps ; l'antimoine & le bismuth la reçoivent & la gardent à peu-près également. Il en est donc des demi-métaux & des minéraux métalliques comme des métaux : le rapport dans lequel ils reçoivent & perdent la chaleur, est à-peu-près le même que celui de leur fusibilité, & ne tient que très peu ou point du tout à celui de leur densité.

Mais en joignant ensemble les six métaux & les quatre demi-métaux ou minéraux métalliques que j'ai soumis à l'épreuve, on verra que l'ordre des densités de ces dix substances minérales, est :

Emeril, zinc, antimoine, étain, fer, cuivre, bismuth, argent, plomb, or.

Et que l'ordre dans lequel ces substances s'échauffent & se refroidissent, est :

Antimoine, bismuth, étain, plomb, argent, zinc, or, cuivre, émeril, fer.

Dans lequel il y a deux choses qui ne paroissent pas bien d'accord avec l'ordre de la fusibilité :

1°. L'antimoine, qui devoit s'échauffer & se refroidir plus lentement que le plomb, puisqu'on a vu par les expériences de Newton citées dans le Mémoire précédent, que l'antimoine demande, pour se fondre, dix degrés de la même chaleur dont il n'en faut que huit pour fondre le plomb ; au lieu que par mes expériences, il se trouve que l'antimoine s'échauffe & se refroidit plus vite que le plomb. Mais on observera que Newton s'est servi de régule d'antimoine,

& que je n'ai employé dans mes expériences que de l'antimoine fondu ; or le régule d'antimoine ou l'antimoine naturel est bien plus difficile à fondre que l'antimoine qui a déjà subi une première fusion ; ainsi cela ne fait point une exception à la règle. Au reste , j'ignore quel rapport il y auroit entre l'antimoine naturel ou régule d'antimoine & les autres matières que j'ai fait chauffer & refroidir ; mais je présume d'après l'expérience de Newton , qu'il s'échaufferoit & se refroidiroit plus lentement que le plomb.

2°. L'on prétend que le zinc se fond bien plus aisément que l'argent , par conséquent il devroit se trouver avant l'argent dans l'ordre indiqué par mes expériences , si cet ordre étoit dans tous les cas relatif à celui de la fusibilité ; & j'avoue que ce demi-métal semble , au premier coup d'œil , faire une exception à cette loi que suivent tous les autres ; mais il faut observer 1°. que la différence donnée par mes expériences entre le zinc & l'argent , est fort petite ; 2°. que le petit globe d'argent dont je me suis servi , étoit de l'argent le plus pur , sans la moindre partie de cuivre ni d'autre alliage , & l'argent pur doit se fondre plus aisément , & s'échauffer plus vite que l'argent mêlé de cuivre : 3°. quoique le petit globe de zinc m'ait été donné par un de nos habiles Chimistes (a) , ce n'est peut-

(a) M. Rouelle , Démonstrateur de Chimie aux écoles du Jardin du Roi.

être pas du zinc absolument pur & sans mélange de cuivre ou de quelqu'autre matière encore moins fusible. Comme ce soupçon m'étoit resté après toutes mes expériences faites, j'ai remis le globe de zinc à M. Rouelle qui me l'avoit donné, en le priant de s'assurer s'il ne contenoit pas du fer ou du cuivre, ou quelqu'autre matière qui s'opposeroit à sa fusibilité. Les épreuves en ayant été faites, M. Rouelle a trouvé dans ce zinc une quantité assez considérable de fer ou safran de mars : j'ai donc eu la satisfaction de voir que non-seulement mon soupçon étoit bien fondé, mais encore que mes expériences ont été faites avec assez de précision pour faire reconnoître un mélange dont il n'étoit pas aisé de se douter : ainsi le zinc suit aussi exactement que les autres métaux & demi-métaux dans le progrès de la chaleur, l'ordre de la fusibilité, & ne fait point une exception à la règle. On peut donc dire en général, que le progrès de la chaleur dans les métaux, demi-métaux & minéraux métalliques, est en même raison, ou du moins en raison très-voisine de celle de leur fusibilité (b).

(b) *Nota.* Le globe de zinc sur lequel ont été faites toutes les expériences, s'étant trouvé mêlé d'une portion de fer, j'ai été obligé de substituer dans la table générale, aux premiers rapports, de nouveaux rapports que j'ai placés sous les autres ; par exemple, le rapport du fer au zinc de 10000 à 7654, n'est pas le vrai rapport, & c'est celui de 10000 à 6804 écrit au-dessous qu'il faut adopter ; il en est de même de toutes les

III.

LES matieres vitrescibles & vitrées que j'ai mises à l'épreuve , étant rangées suivant l'ordre de leur densité , sont :

Pierre ponce, porcelaine, ocre, glaise, verre, cristal-de-roche & grès ; car je dois observer que quoique le cristal ne soit porté dans la table des poids de chaque matiere que pour 6 gros 22 grains, il doit être supposé plus pesant d'environ 1 gros , parce qu'il étoit sensiblement trop petit , & c'est par cette raison que je l'ai exclu de la table générale des rapports , ayant rejeté toutes les expériences que j'ai faites avec ce globe trop petit. Néanmoins le résultat général s'accorde assez avec les autres , pour que je puisse le présenter. Voici donc l'ordre dans lequel ces différentes substances se sont refroidies.

Pierre ponce , ocre , porcelaine , glaise , verre , cristal & grès : ordre qui , comme l'on voit , est le même que celui de la densité , car l'ocre ne se trouve ici avant la porcelaine que parce qu'étant une matiere friable , il s'est diminué par le frottement qu'il a subi dans les expériences ; & d'ailleurs sa densité diffère si peu de la porcelaine , qu'on peut les regarder comme égales.

autres corrections que j'ai faites d'un neuvième sur chaque nombre , parce que j'ai reconnu que la portion de fer contenue dans ce zinc , avoit diminué au moins d'un neuvième le progrès de la chaleur.

Ainsi la loi du progrès de la chaleur dans les matieres vitrescibles & vitrées, est relative à l'ordre de leur densité, & n'a que peu ou point de rapport avec leur fusibilité, par la raison qu'il faut, pour fondre toutes ces substances, un degré presque égal du feu le plus violent, & que les degrés particuliers de leur différente fusibilité sont si près les uns des autres, qu'on ne peut pas en faire un ordre composé de termes distincts. Ainsi leur fusibilité presque égale, ne faisant qu'un terme, qui est l'extrême de cet ordre de fusibilité, on ne doit pas être étonné de ce que le progrès de la chaleur suit ici l'ordre de la densité, & que ces différentes substances qui toutes sont également difficiles à fondre, s'échauffent & se refroidissent plus lentement & plus vite, à proportion de la quantité de matiere qu'elles contiennent.

On pourra m'objecter que le verre se fond plus aisément que la glaise, la porcelaine, l'ocre & la pierre - ponce, qui néanmoins s'échauffent & se refroidissent en moins de temps que le verre; mais l'objection tombera lorsqu'on réfléchira qu'il faut pour fondre le verre, un feu très violent dont le degré est si éloigné des degrés de chaleur que reçoit le verre dans nos expériences sur le refroidissement, qu'il ne peut influer sur ceux-ci. D'ailleurs en pulvérisant la glaise, la porcelaine, l'ocre & la pierre ponce, & leur donnant des fondans analogues, comme l'on en donne au sable pour le convertir en verre. il est plus que probable qu'on se-

roit fondre toutes ces matieres au même degré de feu , & que par conséquent on doit regarder comme égale ou presque égale leur résistance à la fusion , & c'est par cette raison que la loi du progrès de la chaleur dans ces matieres , se trouve proportionnelle à l'ordre de leur densité.

IV.

LES matieres calcaires rangées suivant l'ordre de leur densité , sont :

Craie , pierre tendre , pierre dure , marbre commun , marbre blanc.

L'ordre dans lequel elles s'échauffent & se refroidissent , est craie , pierre tendre , pierre dure , marbre commun & marbre blanc , qui , comme l'on voit , est le même que celui de leur densité. La fusibilité n'y entre pour rien , parce qu'il faut d'abord un très grand degré de feu pour les calciner , & que quoique la calcination en divise les parties , on ne doit en regarder l'effet que comme un premier degré de fusion , & non pas comme une fusion complète ; toute la puissance des meilleurs miroirs ardens suffit à peine pour l'opérer : j'ai fondu & réduit en une espèce de verre quelques-unes de ces matieres calcaires au foyer d'un de mes miroirs , & je me suis convaincu que ces matieres peuvent , comme toutes les autres , se réduire ultérieurement en verre , sans y employer aucun fondant , & seulement par la force d'un feu bien supérieur à celui de nos fourneaux. Par conséquent le terme commun de

leur fusibilité est encore plus éloigné & plus extrême que celui des matieres vitrées ; & c'est par cette raison qu'elles suivent aussi plus exactement dans le progrès de la chaleur, l'ordre de la densité.

Le gyps blanc, qu'on appelle improprement albâtre, est une matiere qui se calcine comme tous les autres plâtres, à un degré de feu plus médiocre que celui qui est nécessaire pour la calcination des matieres calcaires ; aussi ne suit-il pas l'ordre de la densité dans le progrès de la chaleur qu'il reçoit ou qu'il perd : car quoique beaucoup plus dense que la craie, un peu plus dense que la pierre calcaire blanche, il s'échauffe & se refroidit néanmoins bien plus promptement que l'une & l'autre de ces matieres. Ceci nous démontre que la calcination & la fusion plus ou moins facile, produisent le même effet relativement au progrès de la chaleur. Les matieres gypseuses ne demandent pas pour se calciner autant de feu que les matieres calcaires, & c'est par cette raison que, quoique plus denses, elles s'échauffent & se refroidissent plus vite.

Ainsi on peut assurer, en général, que le progrès de la chaleur dans toutes les substances minérales, est toujours à très peu près en raison de leur plus ou moins grande facilité à se calciner ou à se fondre ; mais que quand leur calcination ou leur fusion sont également difficiles, & qu'elles exigent un degré de chaleur extrême, alors le progrès de la chaleur se fait suivant l'ordre de leur densité.

Au reste, j'ai déposé au Cabinet du Roi,

les globes d'or, d'argent & de toutes les autres substances métalliques & minérales qui ont servi aux expériences précédentes, afin de les rendre plus authentiques, en mettant à portée de les vérifier, ceux qui voudroient douter de la vérité de leurs résultats, & de la conséquence générale que je viens d'en tirer.

Fin du Tome VI.



T A B L E

De ce qui est contenu dans ce Volume.

D E S É L É M E N S.

Iere PARTIE. De la Lumière, de la Chaleur & du Feu.	88
IIme PARTIE. De l'Air, de l'Eau & de la Terre.	88
Réflexions sur la loi de l'Attraction.	138
Partie expérimentale.	156
PREMIER MEMOIRE. Expériences sur le progrès de la chaleur dans les corps.	179
SECOND MEMOIRE. Suite des Expériences sur le progrès de la chaleur dans les différentes substances minérales.	190
TABLE des rapports du refroidissement des différentes substances minérales.	301

